

88-522

Science and Technology Activities and Impacts:

A Framework for a Statistical Information System

1998



3 1761 11972231 2

Science
Impacts
Technology
Outcomes
Linkages
Activities



Data in many forms

Statistics Canada disseminates data in a variety of forms. In addition to publications, both standard and special tabulations are offered. Data are available on the Internet, compact disc, diskette, computer print-outs, microfiche and microfilm, and magnetic tapes. Maps and other geographic reference materials are available for some types of data. Direct online access to aggregated information is possible through CANSIM, Statistics Canada's machine-readable database and retrieval system.

How to obtain more information

Inquiries about this product and related statistics or services should be directed to: Fred Gault, Director, Science and Technology Redesign Project, Statistics Canada, Ottawa, Ontario, K1A 0T6 (telephone: (613) 951-2198) or to the Statistics Canada Regional Reference Centre in:

Halifax	(902) 426-5331	Regina	(306) 780-5405
Montreal	(514) 283-5725	Edmonton	(403) 495-3027
Ottawa	(613) 951-8116	Calgary	(403) 292-6717
Toronto	(416) 973-6586	Vancouver	(604) 666-3691
Winnipeg	(204) 983-4020		

You can also visit our World Wide Web site: <http://www.statcan.ca>

Toll-free access is provided for all users who reside outside the local dialing area of any of the Regional Reference Centres.

National enquiries line	1-800-263-1136
National telecommunications device for the hearing impaired	1-800-363-7629
Order-only line (Canada and United States)	1-800-267-6677

Ordering/Subscription information

All prices exclude sales tax

Catalogue no. 88-522-XPB, is published as a standard paper product. The prices for delivery in Canada are \$36.00 for a one-year subscription, and outside Canada for US \$36.00 for a one-year subscription. Please order by mail, at Statistics Canada, Dissemination Division, Circulation Management, 120 Parkdale Avenue, Ottawa, Ontario, K1A 0T6; by phone, at **(613) 951-7277** or **1-800-770-1033**; by fax, at **(613) 951-1584** or **1-800-889-9734**; or by Internet, at order@statcan.ca. For changes of address, please provide both old and new addresses. Statistics Canada products may also be purchased from authorized agents, bookstores and local Statistics Canada offices.

This product is also available on the Internet as Catalogue no. 88-522-XIB for CDN \$27.00 for a one-year subscription. Users can obtain this product at <http://www.statcan.ca/cgi-bin/downpub/feepub.cgi>.

Standards of service to the public

Statistics Canada is committed to serving its clients in a prompt, reliable and courteous manner and in the official language of their choice. To this end, the agency has developed standards of service which its employees observe in serving its clients. To obtain a copy of these service standards, please contact your nearest Statistics Canada Regional Reference Centre.

ISBN 0-660-60553-8



88-522-XPB 98001



Statistics Canada
Science and Technology Redesign Project

Science and Technology Activities and Impacts:

A Framework for a Statistical Information System

1998

Published by the authority of the Minister responsible for Statistics Canada

© Minister of Industry, 1998

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise without prior written permission from Licence Services, Marketing Division, Statistics Canada, Ottawa, Ontario, Canada K1A 0T6.

December 1998

Catalogue 88-522-XPB
Frequency: Occasional

ISSN 0-660-60553-8

Ottawa

Note of appreciation

Canada owes the success of its statistical system to a long-standing partnership between Statistics Canada, the citizens of Canada, its businesses, governments and other institutions. Accurate and timely statistical information could not be produced without their continued cooperation and goodwill.



Foreword

Change, incessant change, has been a distinguishing feature of the last two decades of this century. In fact, change has been so pervasive that it has affected, for better or for worse, the life of every Canadian. Most changes have had their origin in the rapid advancement in knowledge generation and in the speedy diffusion and application of this knowledge. The Internet, for example, is transforming the way people shop, bank, learn and entertain themselves.

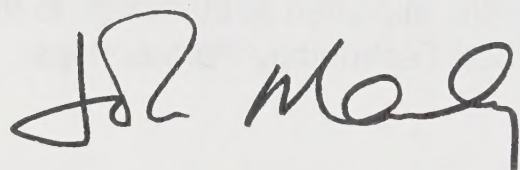
At no time has Canadian society, its environment and economy been more dependent on science and technology as it is today. To maintain a standard of living that is the envy of many, Canadians need to improve their ability to acquire, generate and apply new knowledge. The federal government is committed to assist Canadians in meeting this challenge. Towards this end, the Government has increased its funding for the Granting Councils, allocated \$800 million to the Canada Foundation for Innovation and established Technology Partnerships Canada.

The federal government has also launched a winning strategy for making Canada the most connected country in the world by the year 2000. Through *Connecting Canadians* initiatives, growing numbers of Canadians, especially the young, gain access to resources to help them acquire skills and experience with information technology, computer networking, and electronic information management.

Another important part of the Government's commitment is to improve our understanding of how new knowledge, especially in science and technology, translates into economic growth and social change. In March 1996, Industry Canada funded the Information System for Science and Technology Project at Statistics Canada in response to recommendations coming out of the Federal Review of Science and Technology.

The purpose of the Project was to produce useful indicators and a framework to tie them together into a coherent picture of science and technology activities in Canada. In its first two years the Project has produced new information on innovation in service industries, on the use and planned use of biotechnologies, on the use of the Internet, on the flow of knowledge between sectors of the economy, and on federal spending on science and technology. It has also produced the framework that is the subject of this publication.

The framework described here is an operational instrument for the development of statistical information on the evolution of science and technology and its interactions with the society, the economy and the political system of which it is a part. It represents a milestone in the development of a classification for science and technology activities, their linkages and the related outcomes, and it makes explicit the description of the generation, the transmission and the use of scientific and technical knowledge. It will guide the indicators development program in the Information System for Science and Technology Project at Statistics Canada, now and into the next millennium.

A handwritten signature in black ink, appearing to read "John Manley". The signature is fluid and cursive, with the first name "John" and last name "Manley" clearly distinguishable.

The Honourable John Manley P.C., M.P.
Minister Responsible for Statistics Canada

Table of Contents

Executive Summary	7
1. Introduction	9
2. Framework Characteristics and Challenges	10
2.1 Structure and Statistical Challenges	10
2.2 Limitations	12
3. Need for a Framework for Collection of Statistics to Determine the Value of S&T	13
4. The Framework for Science and Technology Information	15
4.1 Science and Technology System	15
4.2 Classification of Activity, Linkage and Outcome Indicators	16
5. Using the Framework	18
6. Outcome Measures and Impact Measures	19
7. Concluding Remarks	21
Appendices	23
Appendix 1: Applications of the Framework	23
Appendix 2: Members of the Working Group on the Development of a Framework for Science and Technology Statistics	28
Appendix 3: Members of the Advisory Committee on Science and Technology Statistics	29
Glossary of Terms	31
For Further Reading	37

Acknowledgement

This work would not have been possible without extensive collaboration with Industry Canada and other federal departments and agencies. It benefited from the contributions of the members of the Advisory Committee on Science and Technology Statistics and its Working Group, both chaired by Dr. Susan McDaniel of the University of Alberta, and the contributions of an earlier Working Group chaired by Dr. Stephen Fienberg of Carnegie Mellon University. The Working Group members from outside of Statistics Canada were Dr. Chummer Farina from Industry Canada, Dr. Martin Walmsley of the Knowledge Connection Corporation, Dr. Martin Wilk and Ms. Janet Halliwell of JEH Associates Inc., who was a member of the previous Working Group. Members from Statistics Canada were Dr. Frances Anderson, Dr. Ivan Fellegi, Dr. Fred Gault, Mr. Albert Meguerditchian, Mr. Antoine Rose, and Mr. Jacob Ryten.

Executive Summary

The framework described here is intended as a basic operational instrument for systematic development of statistical information respecting the evolution of science and technology and its interactions with the society, the economy and the political system of which it is a part.

The framework focuses on three types of activity:


- Generation of S&T Knowledge;
- Transmission of S&T Knowledge; and,
- Use of S&T Knowledge.

It provides a classification into which all indicators of S&T activities, linkages, and outcomes can be placed. For each of these, key generic questions can be asked. The search for answers to these questions provides the basis for an indicator development programme.

The framework provides usable descriptions for:

- design of data acquisition;
- identifying significant data gaps;
- formulating priorities;
- challenging myths;
- stimulating analytical questions and hypotheses;
- comprehending the complexities of social benefits and detriments of S&T evolution; and,
- illuminating policy issues.

The framework as such does not intend to be a dynamic model of interactions of S&T with the society, the economy and the political system, although the systematic information which it fosters may provide the foundation for deeper understanding of causes and effects. The nature and details of the framework may be modified as the work on development of a statistical information system for S&T continues.



Digitized by the Internet Archive
in 2023 with funding from
University of Toronto

<https://archive.org/details/31761119722312>

1. Introduction

This paper presents a framework for guiding the organizing of the data development and collection for an information system for science and technology statistics.

For the last two centuries, human civilization has known enormous economic and demographic growth; an increase in its capacity to move, carry and to communicate; a sophisticated knowledge of how to feed itself; a capacity to heal and to prolong life; as well as a power to detect, destroy and pollute. These developments share a common thread - the adoption of scientific principles and methods for the systematic pursuit of human knowledge and activities. But the attitude of society with respect to science and its applications has fluctuated from optimism in the wake of the invention and deployment of electric power, railways, telegraph, computers and modern medicine to the very nervous concern that followed the unleashing of atomic power, the recognition of environmental threats and ethical concerns over animal and plant genetic manipulation. However, these changes have not stopped the development of science. Indeed, if anything its pace has accelerated.

The scope of what were domestic social and economic policies has become global. Age-old social institutions tested in different cultures and enshrined by world religions have seen more challenges to their stability and future in the last half-century than in the millennium that preceded it. The nature of human activity has radically shifted from labour intensive towards knowledge intensive activity.

These and many other profound social changes have not been accompanied by the development of systematic and objective statistical information on the driving forces of science and technology. Science is an organized body of knowledge, and technology is the science of the practical. It is the knowledge that drives the change and accounts, in part, for the difficulty in defining and describing knowledge generation, transmission and use. Until recently, there has also been a limited demand for quantitative information by those who determine the way in which scientific activities are funded and new ideas appropriated.

Traditional information on processes of science and technology generation, transmission and use which has been made available to policy makers and to the public has been mainly data on how much was spent on which institutions, engaged in which activities, and in connection with which projects. While such information is necessary in an accounting *ex-post* sense, it is of little use as a basis for decisions on resource allocation or indeed for an understanding of the interactions between scientific innovation on the one hand and social, economic and political consequences on the other.

2. Framework Characteristics and Challenges

2.1 Structure and Statistical Challenges

Given the economic and social importance of S&T, the scarcity of statistical information on S&T characteristics is surprising. This paper presents a framework for the compilation of statistics on science and technology on a sound analytical and systematic basis, rooted in the extensive literature on evaluation and knowledge measurement.

Traditionally, S&T statistics have been indirect indicators and to a certain extent this is not likely to change in the near future. But for a substantially better interpretation of what those indicators mean, they must be systematically related to each other in accordance with a model of how knowledge is generated, transmitted and used in a modern society. This is why so much rides on the fruitfulness of the framework and why it is desirable that information concerned with S&T be presented in terms of a framework.

The framework described here consists of three parts:

- the classification of statistics needed to describe S&T activities;
- the systematic relating of the statistics to those analytical questions which have to be answered if the activity is to be understood; and,
- the selection of appropriate indicators to gauge the outcome of scientific and technological activities.

Supporting reasons for establishing a framework are the following.

- The need to track the ways in which scientific and technological knowledge once generated, is transmitted, made available, retrieved and put to use. This facilitates addressing questions about the impact of scientific and technological change on our economies and social institutions.
- To add to our knowledge of how social institutions change in response to the use of S&T and how those changes may affect the environment in which future innovation will take place.
- To gauge the consequences of the use of S&T in respect to their beneficial or detrimental impact on society (including public perception).

It is not possible to create the basis for an informed discussion of how changes in S&T affect human lives if the balance sheet of social consequences, for better and for worse, is not set out methodically and objectively. One guarantee is that such a balance sheet must be as complete as knowledge permits, so that it can be used in an impartial fashion. Another is to draw up a framework showing what the basic information should cover and how this information is interrelated.

There are other purposes served by a framework. One is its role in determining priorities for future information development. In spite of having been part of the panoply of national statistics for many years and the object of intense scrutiny by multilateral organizations set up to foster international harmonization, S&T statistics are undeveloped and are inadequate for assessment of the priorities that should guide future statistical development. A framework pinpoints gaps in our knowledge and thus allows for a more explicit and systematic determination of how those gaps should be filled.

Another role is derived from the fact that S&T activities and economic and social activities are strongly interactive. A framework for S&T statistical information must allow for the measurement of these interactions. Conversely, such measurement requires a framework that makes explicit the connections between the economy, social and political institutions and technical and scientific change.

A framework for S&T statistics in comparison with the system of economic accounts:

The system of economic (or national) accounts (SNA) is an integrated and systematic classification of all monetary transactions - real and virtual - which result in a change in the asset position of an economic agent (household, business, institution or arm of government). Such changes are normally obtained through production, exchange or change in relative prices. The objects of the asset position are all those resources (goods and services) that have a price (given by the market or imputed) and which have exclusive utilization.

A framework for S&T overlaps with the system of economic accounts at various junctures. For example, resources are consumed in the production of knowledge; knowledge is an essential factor to account for why some producers of goods and services fare better than others; knowledge is acquired by purchases from abroad and is sold in much the same fashion.

The SNA does not deal with the physical attributes of economic production and distribution – just with the monetary characteristics of transactions. And these transactions concern resources which are not shared.

The S&T Framework overlaps with the SNA in many ways, but differs significantly in various characteristics, including:

- ◆ *the object of measurement is not monetary but a notional unit of 'knowledge'*
- ◆ *such a unit may be utilized simultaneously by many without depreciation*
- ◆ *the increase in knowledge may not necessarily be connected to monetary economic 'value' - positive or negative.*

The purpose of a framework for the compilation of statistical information is to organize systematically existing information as well as providing a place for information about to be compiled. In this S&T framework, S&T knowledge generation, transmission and use are fundamental units of observation.

S&T knowledge can be generated in many places. Research activities are not its exclusive creators. Additions to knowledge result from attempts to make the production process more efficient and as a by-product of its transmission and use.

Knowledge flows in response to many actions. The hiring of people, the purchase of books, attendance at conferences, corporate mergers and acquisitions, and reverse engineering are examples of knowledge transmission activities.

A statistical framework is there to classify the activities, linkages and outcomes which are part of the generation, transmission, and use of S&T knowledge and to suggest measures of impact, both socio-economic and within the S&T system itself. An S&T Framework facilitates the analysis of the joint significance of a wide range of statistical indicators, many of which are intrinsically related.

2.2 Limitations

Notwithstanding the design of a framework and the putting forth a set of related classifications, there are very significant limitations to what such tools can do.

Many activities intimately involved in the generation of knowledge are also involved in its transmission and use. The purpose of a knowledge generation activity is not necessarily known to its creator. Indeed, there are examples throughout the history of science of extremely fruitful additions to the stock of knowledge the use of which was only found long after the death of its creator. The generation of knowledge is not part of an orderly and linear process in which some preconditions are marshaled, knowledge gets generated; a suitable medium for its propagation is created and diffusion takes place followed by constructive use by the right agents. In the real world, many of these activities take place at once; there is iteration; there are errors in diffusion, and problems in use. Science is largely a self-organizing process with limited 'strategic planning' or unitary direction, or management.

The classifications that will be used to categorize relevant information are subject to caveats, including all areas of application of social and economic classifications. Caveats also apply to knowledge-related activities simply because there is still much experience to be accumulated from compiling and classifying the related statistics. In addition, the opportunities to establish causality in a domain as complex as the interaction of S&T with the economy and social institutions are virtually nil. Nonetheless, analytical effort is necessary to investigate associations among S&T activities and socio-economic events.

3. Need for a Framework for Collection of Statistics to Determine the Value of S&T

S&T activities in the framework include research and development, invention, innovation, and technology knowledge diffusion. The scope of these activities is greatly affected by the characteristics of the human, financial and institutional resources involved, and they are found in all sectors of the economy: government; business; education; and, households.

The S&T activities involve material objects as well as ideas. Robots, lasers and medicines are examples of material objects. Ideas reach us because they are embedded in reports, software, organizations, machines, systems and people. Resource characteristics include types of organization as well as the skill levels and occupation of individuals.

The following are examples of the many questions that are asked about the nature of science and technology and about its socio-economic effects:

- **Publicly Financed R&D**

What is the role of publicly financed R&D in government and universities and to what extent do business people and others look to these sources for guidance? What does this say about the flow of ideas?

- **Skilled Workforce**

What combination of levels of educational attainment matches labour market requirements? Are there a sufficient number of people with the right skills to adopt efficient production techniques? Are our schools appropriately responsive to labour market signals?

- **Public Awareness of S&T**

To what extent does the public influence choices of new technologies? Does increased awareness of the impact of scientific innovation lead to informed choices of occupation and educational attainment?

- **Firm Innovation**

What are the sources of ideas which firms use in order to innovate given that only a small number of them actually perform R&D? Are they bought or are they freely accessible or embodied in products that can be reverse engineered? What are the effects of firm innovation on demand for labour, overall and by profession and skill?

These questions cannot be answered with the statistical information available. There is a lack of documentation on the relationships among the operational components; and, in the absence of a framework, the S&T indicators which have been developed are piecemeal and at times misleading.

The use of the GERD ratio

One example of an extensively used, but misleading, indicator is the ratio of "Gross Expenditure on Research and Development" to GDP – known as the GERD ratio. In earlier days the GERD ratio was expected to complement the ratio of gross capital formation to GDP and both were to suggest by how much a country was willing to sacrifice current consumption for the sake of increasing its capacity to produce goods and services in the future. Empirical work suggests that the ratio indicates no such thing. On the whole, GERD ratios for industrialized countries are slow moving and their levels do not appear to be related to variations in GDP.

In the past, there was a simple policy framework for influencing science and technology activities based on the belief that support for R&D led to an enriched stock of ideas which would eventually be translated into higher productivity, economic growth, and social advancement. The indicators required to support analysis within such a framework were few, and consisted mainly of expenditures on the performance of R&D and the human resources engaged in R&D.

Now that basic questions about the effectiveness of R&D expenditures are increasingly being asked, such simple measures of R&D are no longer adequate. Public policy-makers and corporate decision-makers are concerned, not simply with understanding how much and where expenditures are made, but also with understanding how science and technology activities take place in a national and international context, and in the socio-economy generally. There is an increasing demand for accountability for all government programmes, including those devoted to science and technology. The private sector is also concerned with competition and profitability. Both sectors are concerned with optimal allocation of scarce resources for S&T. Increased attention to outcome indicators is necessary.

Public support for R&D and science and technology will increasingly rely upon the ability to demonstrate the positive social, economic and environmental effects that result from science and technology activities. This requires that credible and communicable indicators of the outcome and impact of science and technology activities be developed and that these demonstrate not only economic benefits but also social benefits such as improved health, quality of life, employment and social equity.

The processes of S&T knowledge generation, transfer and use are interactively and dynamically complex. S&T knowledge is not just the domain of the universities and governments, but also arises from business activities and, with globalization, from institutions abroad. It arises from the interactions between the growing number of actors, facilitated by increasing means of communication and transportation, augmented by increasing mobility of skilled workers.

The array of operational components relevant to an S&T information framework is large. Included are R&D, innovation processes, marketing, organization, legal and regulatory considerations, education, raw materials, capitalization and financing, labour force qualifications, tax structures, environmental factors, governments' policies, infrastructure elements of telecommunications, transport, computing, social infrastructure, technology transfer mechanisms, and transnational globalization.

4. The Framework

There is little underlying theory of how science and technology develops and interacts with other activities in different institutions. There are some procedural measures, many unsubstantiated beliefs and myths, and there are major information gaps. One purpose of the framework is to position possible measures of process and effect, and then to use it to identify gaps which are to be filled. A starting point for this is to take existing measures; to identify activities which are not yet measured, but which could be in the future; and to identify activities for which the means of measurement are not obvious at this point, such as the quality of life, or agreed upon measures of population health.

The framework developed here treats science and technology as an integral part of the socio-economy. It focuses on the S&T system, but includes measures of outcomes and impacts both within and outside the S&T system. The description of the S&T system makes explicit the connection between S&T activities, linkages and outcomes, and it includes a classification of S&T indicators to guide statistical work. Because S&T activities are an integral part of society and the economy, one of the greatest concerns is the impact of S&T on individuals and institutions, and the interactive reciprocal influence that the encompassing socio-economy has on the S&T system.

4.1 Science and Technology System

The S&T system, which forms the basis of the framework, is comprised of three types of activities:

- Generation of S&T Knowledge
- Transmission of S&T Knowledge
- Use of S&T Knowledge

The dynamics of the S&T system involves the flow from the site of the S&T knowledge generation to the site of the use, which requires a means of transmission to get from one site to the other, and capacities to transmit and to search and absorb.

- **Generation**

The generation of science and technology involves the creation of new knowledge and information. This augmented S&T knowledge can be embedded in new products, processes and organizational practices, as well as in people who have specialized expertise gained through education and experience. S&T knowledge can also be codified in manuals, forms of publications, computer software and the design of products.

- **Transmission**

The means of diffusion of S&T knowledge are varied, such as the hiring of an engineer who is an expert on the production process; the publication of an article on the production process that can be used in a firm with the technical capability to apply the technical information presented in the article; the process of formal education in the relevant subjects; a system of apprenticeships designed for on the job training; partnerships; conferences; informal communications among scientists; etc.

- **Use**

For S&T knowledge to be used, it must be sought, understood and absorbed. This means that there must be a search and receptor capability on the part of the user who is capable of receiving and assimilating the S&T knowledge in the form that it is transmitted and then putting it to specific economic and social applications.

Dynamics

The dynamics of S&T involves the linkages between actors (individuals or organizations), the buying of embedded knowledge, the hiring of employees with S&T expertise, the acquisition of codified knowledge, and the diffusion of S&T information. To facilitate discussion of the dynamics, there must be a means of classifying activities, linkages and outcomes and an understanding that transmission is not instantaneous, but takes time, that outcomes may lag considerably behind the start of an activity, and that the impact of the outcome may take a very long time before it is detected.

4.2 Classification of Activity, Linkage and Outcome¹ Indicators

The statistical requirement is to develop statistical descriptors or indicators of the S&T system and its dynamics. A classification is proposed in which all indicators of S&T

¹ 'Outcome' is used to describe the result of an activity. For example, a new microchip is the outcome of a development project. The outcome may have been preceded by more immediate 'outputs' of the project such as papers, designs or conferences. Some time later, there may be an impact of the outcome.

activities, linkages and outcomes can be placed. It categorizes S&T as three different types of activities within the S&T system: generation, transmission and use. For each of these, key generic questions can be asked. The search for the answers to these questions provides the basis for an indicator development programme.

The key generic questions are the following:

ACTIVITIES

- | | |
|---------------|--|
| Who? | Who are the actors (individuals and organizations) involved in the activity? Are they government, industry or university organizations? Are they engineers or scientists or support staff? |
| What? | What is the nature of the activity? |
| Where? | Where is the activity taking place (geographical location and sector, e.g. industry, government or university)? |
| Why? | When the activity is initiated, what are the objectives (i.e. cost reduction, improved product, scientific breakthrough, etc.)? Why is the actor doing the activity? |

LINKAGES

- | | |
|-----------------------|---|
| How much? | What resources have been committed to the activities, in terms of monetary expenditures, human resources, materials and fixed capital? Where do the resources come from and what are their characteristics? |
| How connected? | What are the social organizations, the supporting infrastructures, discipline networks, critical prerequisites, critical constraints and the linkages between actors involved? |

OUTCOMES

- | | |
|---------------------|--|
| What result? | When the activity is implemented, what are the outcomes (e.g. published article, patent, new product, etc.)? |
|---------------------|--|

Time, as a duration or a frequency, can be used to qualify any variable in the framework.

5. Using the Framework

The above questions can be put into a sentence,

‘For **an actor** [WHO] to perform **an activity** [WHAT]

in a **location** [WHERE]

in order to achieve **an objective** [WHY],

what are **the costs** [HOW MUCH],

the linkages and incentives [HOW CONNECTED]

in order to produce **an outcome** [WHAT RESULT]?’,

and applied to an artificial example,

‘ABC Limited [WHO] conducted **R&D**

in **nanoconductors** [WHAT],

at its research facilities in Kānata [WHERE]

in order **to increase its market share** of semi-conductors[WHY],

and spent 10 million dollars [HOW MUCH],

in conjunction with the Physics Laboratory of the University of CDE

but recouped half of it because of the

R&D tax rebate programme [HOW CONNECTED],

as the manufacturing process developed

was much cleaner in terms of the environment

[WHAT RESULT]?’.

This formulation suggests what statistics are required to give a summary outline of the dynamics of a research activity that has an origin, a purpose, an ascertainable cost, partners and allies, and a verifiable outcome.

The sentence can also be put in the form of a hypothesis to be tested as part of an analytical programme. The questions and the grammar that connects them provide an analytical tool. As part of the evolution of the framework, a controlled vocabulary can be built up, with definitions of each term, many of which already exist in the OECD guidelines for data collection. Of course, in many circumstances of interest, the data to flesh out the summary description may not be available - but the framework formulation will make explicit the information voids.

One of the uses of the framework and a structure for linking its elements is to juxtapose those variables that change with those that do not. Observation of change provides insight into the dynamics of a system. Variables may change with time, with geography, with industry, or with the characteristics of the actor or the linkages of the actors. For example, the propensity of firms to innovate may vary with region and industry and may also change with time. This can be seen from data used to populate the statistics and the indicators required by the framework. The analytical challenge is to discern statistical relationships with other variables in the framework, in order to contribute to the formulation of causal hypotheses.

Specific examples of the use of the framework are given in Appendix 1.

6. Outcome Measures and Impact Measures

Whereas outcomes are the discernable direct results of an S&T activity, impacts are those consequences for the social, economic, political and environmental system, and to science, that take longer to emerge and are often more difficult to detect and impute back to their origins. Still, one of the virtues of the framework is that it provides a place into which impacts, no matter how tentatively determined, might be classified leaving it to subsequent experience and investigation to establish whether indeed those were influenced by S&T outcomes.

Impacts can be divided into those that affect the socio-economic system and result from the introduction of an innovation, and those that affect the environment surrounding S&T activity and result from changes in social, economic or political organization. Both will have to be considered when dealing with the interactions of S&T with society at large.

There is a wealth of social and economic statistics which can be used to examine the impact of scientific and technical advances. These statistics include those on health, education, income, the environment, family social equity, demography, justice, national security, and mobility in addition to the statistics on economic performance. In what follows, some examples are given of impacts, along with the indicators needed to describe them.

- **Impact of Public Funding of R&D**

Publicly funded R&D may result in knowledge that can be protected by intellectual property instruments and sold. Once the knowledge is transferred, its impact if applied by industry in the production of new or improved products or processes might be a substantial change in the industry's organization and standing at home and abroad. An example is an improved encryption system from a publicly funded R&D programme in software development. The system could be licensed to firms selling products on the Internet and resulting in a marked expansion in their sales figures. The measures of impact in this case are revenue growth for the firms availing themselves of the system and market share for the products sold.

- **Impact of Training**

Colleges are responding to the need to identify and fix computer codes that will fail when they encounter dates of 2000 and beyond. They are introducing courses to train people in the programming languages used to write the "heritage software" and these people are finding jobs. The outcome of this activity is a trained college graduate. The immediate impact is the repair of the computer codes and, in the longer term, these people may continue to work as programmers and systems analysts. The socio-economic impact could well be a more or less permanent shift in undergraduates' preference for degrees in computing over and above, say, degrees in sociology.

- **Impact of an Innovation**

If an outcome of innovation is a new product, such as a cellular telephone, there are both S&T and socio-economic impacts. The technology can diffuse throughout the economy and there can be financial indicators of production, physical measures of use and planned use, and measures of organizational change resulting from the use of cellular telephony. In the society, the use of cellular telephones has impact upon personal safety and upon communication patterns of individuals. The firm is able to produce an improved product as an outcome of its innovation activity. If the product is very successful, it may drive other firms in the industry out of business, creating unemployment and productivity gains resulting from use of the product in other industries may translate into reduced demand for labour. On the other hand, the diffusion of the product may result in employment growth in some industries that use it. The measures of socio-economic impact, in this case, are unemployment levels and labour demand.

7. Concluding Remarks

The framework deals with interactions between the various stages at which knowledge is generated and transmitted. Of course it recognizes that many of those changes affect the economy, social institutions and indeed political organization just as it recognizes that changes in the latter can affect the pace and nature of technical change and knowledge creation.

But while the framework provides a necessary reminder to take into account those changes it cannot provide in detail a logical place to classify them. If it did it would be a framework for all human activities for such is the pervasiveness of scientific and technical change. It is sufficient if there is awareness of those interactions and there is an established programme to study them by associating information on S&T with other information more specifically related to economic and social organization.

The framework described here is intended as a basic operational construct for systematic development of statistical information respecting the evolution of S&T and its interactions with the society, the economy and the political system of which it is a part.

The framework provides a productive description for:

- design of data acquisition;
- identifying significant data gaps;
- formulating priorities;
- challenging myths;
- stimulating analytical questions and hypotheses;
- comprehending the complexities of assessing social benefits and detriments of S&T evolution; and,
- appreciating the need for caution and criticism in establishing S&T policies.

The framework as such does not pretend to be a dynamic model of interactions of S&T with the society, the economy and the political system, though the systematic information which it will foster may provide a foundation for deeper understanding of cause and effect. The nature and details of the framework may be modified, perhaps in major ways, as the work on development of a statistical information system for S&T matures.

Appendices

Appendix 1: Applications of the Framework

To illustrate how the classification can be applied, three examples, are considered, one each for S&T knowledge generation, transmission, and use. The three examples are:

- Publicly funded R&D
- Skilled workforce
- Firm innovation

For each example, the issue is presented, followed by the sets of indicators that respond to the key questions. This is followed by a discussion of currently available information as well as information gaps. Several specific questions that can be answered using the indicators are presented.

A.1 Publicly funded R&D

In this example, we cannot get beyond measures of variation in inputs to publicly funded R&D. But suppose for argument's sake that we had a measure of outcome. The interesting questions would be framed in terms of the relation between inputs and outcomes. For example, other things being equal does the value of the outcome (however measured) vary in proportion to the cost of the research? Is there any evidence that certain sectors are systematically more successful than others? Do consortia or other types of informal alliances increase the chances of success? And so on.

Question	Indicator Category	Specific Indicators
Who?	Actors	<ul style="list-style-type: none"> Performing institutions: government departments, universities, laboratories, colleges, hospitals, industries, etc. Performing individuals: by field of study, institution, age, sex, etc.
What?	Activities	<ul style="list-style-type: none"> Performance of R&D: by field and type of activity Acquisition and maintenance of research infrastructure Training and retaining of highly qualified personnel
Where?	Location	<ul style="list-style-type: none"> Canada, province, municipality, industry
Why?	Objective	<ul style="list-style-type: none"> Pursuit of competitiveness, quality of life, advancement of knowledge Industry: cost reduction, improved product or service, improved export market Post-secondary education: training, enhancement of educational provision, advancement of knowledge, industrial or public applications, community services Human resource development, policy, security, industrial support, compliance with convention or agreement, support other levels of government
How much?	Resources	<ul style="list-style-type: none"> Funding of R&D by sector Performing R&D by sector Number of people involved in R&D
How connected?	Process/ Linkages	<ul style="list-style-type: none"> Amount of in-house research activities versus externally sponsored research Amount of R&D through industry consortia, intra-sectoral organizations, inter-sectoral clusters and networks Joint publications and patents
What result?	Outcome	<ul style="list-style-type: none"> New products, improved products and services, publications, trained personnel Compliance with international conventions, measures of environmental quality, longevity and health status of population Employment of research trained personnel Industrial investment in new technology and innovation

A number of the above indicators are currently available as they are collected by annual surveys of R&D. These include detailed statistics on resources, actors, type of activity, and location (Canada, provinces and industry).

The importance of adding a measure of outcome to these indicators is obvious. Other than establishing the facts as they apply to inputs, there is minimal analytical interest attributable to such a body of data.

A.2 Skilled workforce

One indicator that helps gauge activity in the transmission of S&T is the job placement of new S&T graduates, as human resources are an important vehicle for the transmission of S&T. The application of the classification elucidates the types of indicators that would need to be developed to provide a comprehensive statistical description of job placement of new S&T graduates.

Question	Indicator Category	Specific Indicators
Who?	Actors	<ul style="list-style-type: none"> Number of individuals with relevant qualifications in the disciplines under observation
What?	Activities	<ul style="list-style-type: none"> Job placement by position and industry
Where?	Location	<ul style="list-style-type: none"> In Canada and abroad
Why?	Objective	<ul style="list-style-type: none"> Gainful employment of graduates and increase in R&D capacity of firm, industry or economy
How much?	Resources	<ul style="list-style-type: none"> Public financial support for universities and university programmes Financial commitment by graduates
How connected?	Process/Linkages	<ul style="list-style-type: none"> Link between university and firm where placement occurs
What result?	Outcome	<ul style="list-style-type: none"> S&T capability within employer S&T capability for industry

The financing of the university system and university programmes is well documented, as is the production of S&T graduates by discipline. The National Graduate Survey provides information on the flow of new S&T graduates to specific industries and records their industry two years and five years after graduation. The movement of S&T graduates to jobs outside of Canada is a gap.

The National Graduate Survey also provides information that is of use in developing indicators of whether the objectives of S&T graduates have been met as it determines the unemployment rate of new graduates and asks graduates to rate the extent to which their education contributed to their job.

Turning to the effect of job placement of S&T graduates, there are gaps as for example, the development of measures of the S&T capability of the employer and the effect of the job placement of the S&T graduate on employer S&T capability. Surrogate measures can probably be derived by relating the innovation record of a firm (and a number of relevant financial variables) to the inflow of graduates into its ranks. In addition to the obvious factual questions such as:

- In which disciplines are the graduates who are hired by the service sector?
- What percentage of the 1992 computer science graduates found jobs outside of Canada?

There are the questions of analytical interest related to the general question:

- How does the employment of an S&T graduate change the S&T capability of the employer?

The latter can only be answered once there is a systematic attempt at relating a firm's (or some grouping of firms such as an industry) innovation record to its performance as an employer of staff with certain abilities.

A.3 Firm innovation

One of the principal indicators of the **Use of S&T** is firm innovation. The application of the classification elucidates the types of indicators that would need to be developed to provide a comprehensive statistical description of firm innovation.

Question	Indicator Category	Specific Indicators
Who?	Actors	<ul style="list-style-type: none"> • Firms or parts of an enterprise
What?	Activities	<ul style="list-style-type: none"> • Type of innovation (product, process, and organizational)
Where?	Location	<ul style="list-style-type: none"> • Location of that part of the firm which is accountable for the innovation
Why?	Objective	<ul style="list-style-type: none"> • Increased market share • Improved financial ratios
How much?	Resources	<ul style="list-style-type: none"> • Cost (\$) of innovation • People employed for innovation • Public financing of innovation
How connected?	Process/Linkages	<ul style="list-style-type: none"> • Public sources of information on innovation
What result?	Outcome	<ul style="list-style-type: none"> • Increased number of jobs • More environmentally friendly product • Direct effects on health, security etc.

Firm innovation surveys have been carried out by many countries, including Canada, over the past number of years. Statistical indicators for all of the above categories have been considerably refined through this effort to such an extent that those wishing to carry out an innovation survey have access to a very comprehensive set of possible statistical indicators all standardized in the OECD/EU Oslo Manual, *Proposed Guidelines for Collecting and Interpreting Technological Innovation Data*. In very general terms, the conceptual work of developing a comprehensive set of statistical indicators has been done. Refinement of these indicators will continue as new insights are gained.

There are a number of analytical puzzles that would be easier to grasp if comprehensive indicators of innovation were further developed. Examples include:

- How strongly associated is export performance (increase in market share for a given product by a given firm or industry) and the use of innovative products or processes?
- Has the introduction of innovative processes or products been job creative or job destructive for the industries in which the innovation was introduced?
- To which extent has the introduction of innovative processes or products been promoted by government financed access to new technologies or new techniques?

Appendix 2: Members of the Working Group on the Development of a Framework for Science and Technology Statistics

Members from the Advisory Committee on Science and Technology Statistics

Dr. Susan A. McDaniel, **Chairman**
Department of Sociology
University of Alberta
Edmonton, Alberta

Dr. Fred Gault, **Secretary**
Director
Science and Technology Redesign
Project
Statistics Canada

Mr. Jacob Ryten
Assistant Chief Statistician
Business and Trade Statistics
Statistics Canada

Dr. Martin Walmsley
Knowledge Connection Corporation
Toronto, Ontario

Dr. Martin Wilk
Hemet, California

Additional members of the Working Group from Statistics Canada

Dr. Ivan P. Fellegi
Chief Statistician of Canada
Statistics Canada

Mr. Albert Meguerditchian
Director General
Prices, International Trade and Finance
Statistics
Statistics Canada

Dr. Frances Anderson
Chief, Indicators Development
Science and Technology Redesign
Project
Statistics Canada

Mr. Antoine Rose
Product Development Officer
Science and Technology Redesign
Project
Statistics Canada

Member from Industry Canada

Dr. Chummer Farina
Director
Federal Science and Technology
Industry Canada

Appendix 3: Members of the Advisory Committee on Science and Technology Statistics

Dr. Susan A. McDaniel, **Chairman**
Department of Sociology
University of Alberta
Edmonton, Alberta

Dr. Louis Berlinguet
Verdun, Québec

Dr. Simon Curry
CADENCE Design Systems Inc.
Chelmsford, Massachusetts

Dr. Robert Dalpé
Département de science politique et
Centre interuniversitaire de recherche
sur la science et la technologie (CIRST)
Université de Montréal
Montréal, Québec

Mr. Robert Davidson
Director of Research and Policy Analysis
Association of Universities and Colleges
of Canada
Ottawa, Ontario

Dr. Stephen Fienberg
Department of Statistics
Carnegie Mellon University
Pittsburgh, Pennsylvania

Dr. Fred Gault, **Secretary**
Director
Science and Technology Redesign
Project
Statistics Canada

Ms. Janet E. Halliwell
JEH Associates Inc.
Gloucester, Ontario

Dr. Petr Hanel
Département d'économie
Université de Sherbrooke
Sherbrooke, Québec

Mr. Adam Holbrook
Centre for Policy Research on Science
and Technology (CPROST)
Simon Fraser University
Vancouver, British Columbia

Dr. Pierre Mohnen
Sciences économiques
Centre interuniversitaire de recherche en
analyse des organisations (CIRANO)
Université du Québec à Montréal
Montréal, Québec

Mr. Jacob Ryten
Assistant Chief Statistician
Business and Trade Statistics
Statistics Canada

Dr. Martin Walmsley
Knowledge Connection Corporation
Toronto, Ontario

Dr. Martin Wilk
Hemet, California

Dr. David Wolfe
Department of Political Science
University of Toronto
Toronto, Ontario

GLOSSARY OF TERMS

A

Activities

The creation, transmission or use of S&T knowledge, or a combination of these, are activities. More specific examples are: research and development, invention, innovation, technology adoption and the development of human resources related to these other activities. Activities are engaged in by actors.

Actors

Individuals or organizations, engaged in S&T activities, are the actors considered in this framework.

Advisory Committee

At Statistics Canada, an advisory committee is a group of individuals from outside of Statistics Canada, selected by the Chief Statistician of Canada, to provide advice on a particular subject. The Committee is supported by a Secretary who is a senior member of the Agency.

Analytical Question

A question which can be answered, in principle, by the manipulation of data and information. An example of an analytical question is whether there is a correlation between two observables, such as the propensity of a firm to innovate and the use of government innovation programmes by the firm (see Policy Question).

C

Capacity

Capacity is the power of containing, receiving, experiencing, or producing. It is used to describe the power of an actor to produce, transmit, or absorb S&T knowledge.

Classification

The assignment of items to a class. For example, the classification of a firm that provides wireless telecommunications services (except by satellite) to the NAICS industry class 51332.

Classification System

A classification system is the set of classes and the structure which relates them. An example is the North American Industry Classification System (NAICS).

D

Data

Numbers resulting from measurement. An example is the number of firms in NAICS industry 51332.

Diffusion

Diffusion is the change over time of the use of new ideas or technologies. For example, the use of wireless telephones is growing and the measure of the diffusions is the number of individuals who report having such telephones.

E

Evaluation

The process of comparing the objectives of a project with its outcomes and impacts to determine whether the work achieved the objectives and in a manner that was both efficient and effective in the allocation of resources.

F

Framework

A framework is a structure into which contents can be put. In the case of a Framework for a Statistical Information System, both the structure and the contents are a necessary part of communicating how statistical information is developed on the evolution of science and technology and its interactions with the society, the economy, and the political system of which it is a part.

G

Generation

Generation is used here for the production or creation of S&T knowledge. Knowledge generation is usually associated with R&D but it can occur in the course of invention, innovation, diffusion or in the development of human resources for these activities.

H

Hypothesis

A supposition made as a starting-point for further investigation from known facts.

I

Impact

An impact is a consequence of an outcome. Television has an impact on learning; cellular telephones have an impact on industrial organization. The impact may occur over a long period of time.

Indicator

A statistic, or combination of statistics, which provides information about an activity. An indicator of invention is the number of patents applied for by domestic inventors. A composite indicator of the resource allocation to research and development is the ratio of the gross domestic expenditure on R&D (GERD) to the gross domestic product.

Information

Information is data in context. For example, the NAICS provides the context to transform the data on the number of firms in NAICS industry 51332 into information about the industry which provides wireless telecommunication services (except by satellite).

Information System

An information system is a collection of information about parts of a system and about the connections between the parts.

Innovation

Innovation is the commercial use of invention. In surveys, it is identified by questions like the following. 'Did your firm offer new or improved products (goods or services) to your customers during 1994-1996?' 'Did your firm introduce new or improved processes in your firm during 1994-1996 for the supply of products (goods or services)?' 'Did your firm introduce any significant improvements in terms of organizational structure or internal business routines in 1994-1996?'

Institutions

Institutions are organizations for the promotion of scientific, educational, or other public or private objects. They are classified to the following sectors: abroad, business enterprise, education, government, and non-profit organizations.

Invention

Invention is the creation of a new product or process. It may or may not be protected by intellectual property instruments such as copyrights, patents, trademarks, trade secrets, plant breeders' rights, or the registration of industrial designs or integrated circuit designs.

K

Knowledge

Knowledge is a familiarity gained by experience. It may be written (codified knowledge) or possessed by individuals or groups (tacit knowledge). In the text, it refers only to

knowledge of science and technology and it is assumed to convey a capacity for action. For example, the knowledge that changing the level of the tax credit available to the industries in NAICS industry 51332 alters the number of firms in the industry, provides the government with a capacity to act.

L

Linkages

A linkage is a connection between the activities of actors in the system. It is a means by which S&T knowledge is transferred among actors. For example, a government department (actor) engaged in providing information on how to improve innovation (activity) and a firm (actor) engaged in innovation (activity) have a linkage if the information provided by the government department has been used by the firm.

M

Model

A simplified description of a system used to test hypotheses and to assist in calculations and predictions.

Myth

A traditional narrative usually embodying popular ideas on natural or social phenomena.

N

NAICS

The North American Industry Classification System (Statistics Canada Catalogue no. 12-501-XPE).

O

Objective

An objective is an end or a purpose.

Outcome

An outcome is the principal result of an activity. It may incorporate a number of outputs.

Output

An output is a result of an activity. A research project may produce outputs, such as a series of papers and patents, in order to move towards an outcome, which may be an invention, resulting from research that has been published and protected by patents.

P

Policy

A course or general plan of action (to be) adopted by a government, a party, or a person.

Policy Question

A policy question is designed to provide guidance for action. An example is, 'What conditions are necessary to encourage innovation?' The policy analysis undertaken to respond to this question may draw upon information from surveys of innovation, from case studies, or from expert opinion.

Product

A product is a good, a service, or a combination of the two.

R

Research and Development (R&D)

Research and experimental development comprise creative work undertaken on a systematic basis in order to increase the stock of knowledge, including knowledge of people, culture and society, and the use of this stock of knowledge to devise new applications.

S

Science and Technology (S&T)

Science and technology activities comprise systematic activities which are closely concerned with the generation, advancement, dissemination and application of scientific and technical knowledge in all fields of science and technology. These include such activities as R&D, scientific and technical education and training (STET) and scientific and technical services.

S&T Knowledge

S&T knowledge is that subset of knowledge that is obtained through S&T activities (see Knowledge).

System

A system is a set of connected parts. In this case, the parts are the actors and they are connected by linkages.

T

Technological Diffusion

The change over time of the use of technologies.

Transmission

'Transmission' refers to the moving of S&T knowledge from the source (see Generation) to the point of application (see Use). There are many means of transmission and some examples are: people; journals; conferences; and communications media, including the Internet.

U

Use

'Use' refers to the application of S&T knowledge. It can be manifested through the acquisition of ideas from journals or through licenses, through the use of technologies, or by means of effecting technological change, such as particular forms of industrial organization.

W

Working Group

A Working Group is created by an Advisory Committee to achieve a specific purpose. It draws its membership from the Committee and from experts brought in from outside the Committee and Statistics Canada.

FOR FURTHER READING

THE SCIENCE AND TECHNOLOGY REDESIGN PROJECT INFORMATION SYSTEM FOR SCIENCE AND TECHNOLOGY PROJECT Publications, Working Papers, Research Papers

CATALOGUED PUBLICATIONS

Annual Publication

- 88-202-XPB Industrial Research and Development 1997 Intentions (with 1996 preliminary estimates and 1995 actual expenditures)
- 88-204-XPB Federal Scientific Activities, 1997-98^e

Service Bulletin - Science Statistics 88-001-XPB, Volume 21 (1997)

- No. 1 Scientific and Technological (S&T) Activities of Provincial Governments, 1987-88 to 1995-96
- No. 2 The Effect of Country of Control on Industrial Research and Development (R&D) Performance in Canada, 1993
- No. 3 The Provincial Research Organizations, 1995
- No. 4 Federal Government Expenditures on Scientific Activities, 1997-98
- No. 5 Industrial Research and Development, 1993 to 1997
- No. 6 Software Research and Development (R&D) in Canadian Industry, 1995
- No. 7 Distribution of Federal Expenditures on Science and Technology, by Province and Territories, 1995-96
- No. 8 Total spending on Research and Development in Canada, 1986 to 1997^e, and Provinces, 1986 to 1995
- No. 9 Estimation of Research and Development Expenditures in the Higher Education Sector, 1995-1996
- No. 10 Research and Development (R&D) Personnel in Canada, 1986 to 1995
- No. 11 Biotechnology Research and Development (R&D) in Canadian Industry, 1995
- No. 12 Research and Development (R&D) Expenditures for Environmental Protection (EP) in Canadian Industry, 1995
- No. 13 Research and Development (R&D) Expenditures of Private Non-Profit (PNP) Organizations, 1996

WORKING PAPERS - 1997

- ST-97-01 A Compendium of Science and Technology Statistics, February 1997
- ST-97-02 Provincial Distribution of Federal Expenditures and Personnel on Science and Technology, 1994-95, February 1997
- ST-97-03 Scientific and Technological Activities of Provincial Governments, 1989-90 to 1995-96, March 1997
- ST-97-04 Federal Government Expenditures and Personnel on Activities in the Natural and Social Sciences, 1987-88 to 1996-97^e, March 1997
- ST-97-05 Transfers of Funds for Research and Development in Canadian Industry, 1993, July 1997
- ST-97-06 Estimation of Research and Development Expenditures in the Higher Education Sector, 1995-1996, August 1997

- ST-97-07 Estimates of Canadian Research and Development Expenditures (GERD) - Canada, 1986 to 1997, and by Province, 1986 to 1995, August 1997
- ST-97-08 Federal Government Expenditures and Personnel on Activities in the Natural and Social Sciences, 1988-89 to 1997-98^e, August 1997
- ST-97-09 R&D Tax Treatment in Canada: A Provincial Comparison, October 1997
- ST-97-10 Provincial Distribution of Federal Expenditures and Personnel on Science and Technology, 1987-88 to 1995-96, October 1997
- ST-97-11 Commercialization of Intellectual Property in the Higher Education Sector: A Feasibility Study, October 1997
- ST-97-12 Business Demographics as Indicators of Innovation Activity, October 1997
- ST-97-13 Methodology for Estimation of Higher Education R&D Personnel, November 1997
- ST-97-14 Estimates of Research and Development Personnel in Canada, 1979-1995, December 1997

WORKING PAPERS - 1998

- ST-98-01 A Compendium of Science and Technology Statistics, February 1998
- ST-98-02 Exports and Related Employment in Canadian Industries, February 1998
- ST-98-03 Job Creation, Job Destruction and Job Reallocation in the Canadian Economy, February 1998
- ST-98-04 A Dynamic Analysis of the Flows of Canadian Science and Technology Graduates into the Labour Market, February 1998
- ST-98-05 Biotechnology Use by Canadian Industry - 1996, March 1998
- ST-98-06 An Overview of Statistical Indicators of Regional Innovation in Canada: A Provincial Comparison, March 1998

RESEARCH PAPERS - 1996 to 1998

- No. 1 The State of Science and Technology Indicators in the OECD Countries, by Benoit Godin, August 1996
- No. 2 Knowledge as a Capacity for Action, by Nico Stehr, June 1996
- No. 3 Linking Outcomes for Workers to Changes in Workplace Practices: An Experimental Canadian Workplace and Employee Survey, by Garnett Picot and Ted Wannell, June 1996
- No. 4 Are the Costs and Benefits of Health Research Measurable? by M.B. Wilk, February 1997
- No. 5 Technology and Economic Growth: A Survey, by Petr Hanel and Jorge Niosi, April 1998

ST-97-06	Estimations des dépenses au titre de la recherche et du développement dans le secteur de l'enseignement supérieur, 1995-1996, Août 1997
ST-97-07	Estimations des dépenses canadiennes au titre de la recherche et du développement (DIRD) - Canada, 1986 à 1997 et selon la province, 1986 à 1995, Août 1997
ST-97-08	Dépenses et personnel de l'administration fédérale au titre des activités en sciences naturelles et sociales, 1988-1989 à 1997-1998*, Août 1997
ST-97-09	La fiscalité de la recherche et du développement au Canada : Comparaison interprovinciale, Octobre 1997
ST-97-10	Répartition du personnel et des dépenses fédérales dans le domaine des sciences et de la technologie selon la province, 1987-1988 à 1995-1996, Octobre 1997
ST-97-11	Commercialisation de la propriété intellectuelle dans le secteur de l'enseignement supérieur: Une étude de faisabilité, Octobre 1997
ST-97-12	Données démographiques sur les entreprises en tant qu'indicateurs de l'activité novatrice, Octobre 1997
ST-97-13	Méthodologie des estimations relatives au personnel en R-D de l'enseignement supérieur Novembre 1997
ST-97-14	Estimations des ressources humaines affectées à la recherche et au développement au Canada, 1979 - 1995, Décembre 1997

DOCUMENTS DE TRAVAIL - 1998

ST-98-01	Un compendium de statistiques sur les sciences et la technologie, Février 1998
ST-98-02	Exportations et emploi connexe dans les industries canadiennes, Février 1998
ST-98-03	Création d'emplois, suppression d'emplois et redistribution des emplois dans l'économie canadienne, Février 1998
ST-98-04	Une analyse dynamique des flux de diplômés en sciences et technologie sur le marché du travail au Canada, Février 1998
ST-98-05	Utilisation des biotechnologies par l'industrie canadienne - 1996, Mars 1998
ST-98-06	Survol des indicateurs statistiques de l'innovation dans les régions du Canada : comparaisons des provinces, Mars 1998

DOCUMENTS DE RECHERCHE - 1996 à 1998

N° 1	L'État des indicateurs scientifiques et technologiques dans les pays de l'OCDE, par Benoit Godin, août 1996
N° 2	Le savoir en tant que pouvoir d'action, par Nico Stehr, juin 1996
N° 3	Coupler la condition des travailleurs à l'évolution des pratiques de l'employeur: l'Enquête expérimentale sur le milieu de travail et les employés, par Garnett Picot et Ted Wannell, juin 1996
N° 4	Peut-on mesurer les coûts et les avantages de la recherche en santé? par M.B. Wilk, février 1997
N° 5	La technologie et la croissance économique : survol de la littérature, par Petr Hanel et Jorge Niosi, avril 1998

LECTURES SUGGÉRÉES

PROJET DE REMANIEMENT DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE SYSTÈME D'INFORMATION SUR LES SCIENCES ET LA TECHNOLOGIE Publications, Documents de travail, Documents de recherche

PUBLICATIONS AU CATALOGUE

Publication annuel

88-202-XPB Recherche et développement industriels perspective 1997 (avec des estimations provisoires pour 1996 et des dépenses réelles pour 1995)
88-204-XPB Activités scientifiques fédérales, 1997-1998^e (annuel)

Bulletin de service - Statistique des sciences 88-001-XPB, Volume 21 (1997)

- N° 1 Activités scientifiques et technologiques (S-T) des administrations provinciales, 1987-1988 à 1995-1996
- N° 2 L'Effet du pays de contrôle sur l'exécution de la recherche et du développement (R-D) industriels au Canada, 1993
- N° 3 Les organismes provinciaux de recherche, 1995
- N° 4 Dépenses de l'administration fédérale au titre des activités scientifiques, 1997-1998
- N° 5 Recherche et développement industriels de 1993 à 1997
- N° 6 La recherche et le développement (R-D) au titre des logiciels dans l'industrie canadienne, 1995
- N° 7 Répartition provinciale et territoriale des dépenses fédérales dans le domaine des sciences et de la technologie, 1995-1996
- N° 8 Dépenses totales au titre de la recherche et du développement au Canada, 1986 à 1997^e et dans les provinces, 1986 à 1995
- N° 9 Estimation des dépenses au titre de la recherche et du développement dans le secteur de l'enseignement supérieur, 1995-1996
- N° 10 Ressources humaines affectées à la recherche et au développement (R-D) au Canada, 1986 à 1995
- N° 11 Recherche et développement (R-D) en biotechnologie dans l'industrie canadienne, 1995
- N° 12 Dépenses au titre de la recherche et du développement (R-D) pour la protection de l'environnement (PE) dans l'industrie canadienne, 1995
- N° 13 Dépenses au titre de la recherche et du développement (R-D) des organismes privés sans but lucratif (OSBL), 1996

DOCUMENTS DE TRAVAIL - 1997

- ST-97-01 Un compendium de statistiques sur les sciences et la technologie, Février 1997
- ST-97-02 Répartition du personnel et des dépenses fédérales dans le domaine des sciences et de la technologie selon la province 1994-1995, Février 1997
- ST-97-03 Activités scientifiques et technologiques des administrations provinciales 1989-1990 à 1995-1996, Mars 1997
- ST-97-04 Dépenses et personnel de l'administration fédérale au titre des activités en sciences naturelles et sociales, 1987-1988 à 1996-1997^e, Mars 1997
- ST-97-05 Transferts de fonds aux fins de la recherche et du développement industriels dans l'industrie canadienne, 1993, Juillet 1997

T

Transmission

Transmission s'entend du transfert de connaissances scientifiques et technologiques de la source (voir Production des connaissances) au point d'application (voir Utilisation). Il existe de nombreux modes de transmission, par exemple : les personnes, les revues, les conférences, et les supports de communication, dont Internet.

U

Utilisation

Utilisation réfère à l'application de connaissances S-T. Elle peut se manifester par l'acquisition d'idées transmises par des revues, par l'octroi de licences ou par l'utilisation de technologies, ou par le recours à des moyens d'influencer les changements technologiques, comme des modes particuliers d'organisation industrielle.

Réalisation
Une réalisation est le résultat d'une activité. Un projet de recherche peut donner lieu à des réalisations, comme une série de documents ou de brevets, afin d'avancer vers un résultat, qui peut être une invention, découlant de recherches publiées et protégées par brevet.

Recherche-développement (R-D)
La recherche-développement expérimentale comprend des travaux créatifs systématiques visant à accroître le bassin de connaissances, y compris la connaissance des personnes, des cultures et des sociétés, et l'utilisation de ce bassin de connaissances pour inventer de nouvelles applications.

Résultat
Le principal résultat d'une activité. Le résultat peut englober un certain nombre de réalisations.

S

SCIAN
Système de classification des industries de l'Amérique du Nord (Statistique Canada, n° 12-501-XPF au catalogue).

Sciences et technologie (S-T)
Les activités de sciences et de technologie comprennent les activités systématiques étroitement liées à la production, à l'avancement, à la diffusion et à l'application de connaissances S-T dans tous les domaines des sciences et de la technologie. Cela comprend les activités comme la R-D, l'éducation et la formation scientifique et technique (EFST) et les services scientifiques et techniques.

Système
Un système est un ensemble d'éléments interreliés. Dans le cas qui nous intéresse, les éléments sont les intervenants liés par des liens.

Système de classification
Un système de classification est l'ensemble des classes et la structure qui les relie. Exemple : le Système de classification des industries de l'Amérique du Nord (SCIAN).

Système d'information
Système d'information s'entend de la collecte d'informations au sujet des parties d'un système et des liens entre elles.

M**Modèle**

Une description simplifiée du système servant à vérifier des hypothèses et à aider aux calculs et à la formulation de prédictions.

Mythe

Idees répandues, généralement déformées, au sujet de phénomènes naturels ou sociaux.

O**Objectif**

Un objectif est une fin ou un but.

P**Politique**

Une ligne de conduite ou un plan d'action général (qui sera) adopté par un gouvernement, un parti ou une personne.

Production des connaissances

Le terme «production» définit ici la production ou la création de connaissances scientifiques et technologiques. La production de connaissances est généralement associée à la R-D, mais peut se faire dans le cadre d'inventions, d'innovations ou de diffusions ou dans le cadre du perfectionnement des ressources humaines affectées à ces activités.

Produit

Un produit est un bien, un service ou une combinaison des deux.

Q**Question analytique**

Question à laquelle on peut répondre, en principe, en manipulant des données et des renseignements. Exemple de question analytique : Y a-t-il une corrélation entre deux variables observables comme la propension d'une entreprise à innover et l'utilisation que fait cette entreprise des programmes d'innovation gouvernementaux ? (voir Question stratégique).

Question politique

Une question politique sert à fournir des orientations pour l'action. Par exemple, «Quelles sont les conditions nécessaires pour stimuler les innovations ?» L'analyse politique entreprise pour répondre à cette question peut s'appuyer sur des renseignements tirés d'enquêtes sur l'innovation, d'études de cas ou d'opinions de spécialistes.

Indicateur
Statistique, ou ensemble de statistiques, qui fournit des renseignements sur une activité. Indicateur d'invention s'entend du nombre de brevets demandés par des inventeurs nationaux. Un indicateur composite de l'affectation des ressources à la recherche-développement s'entend du rapport des dépenses intérieures brutes en R-D (DIBRD) sur le produit intérieur brut.

Information
Données dans leur contexte. Par exemple, le SCIAN fournit le contexte qui permet de transformer les données sur le nombre d'entreprises classées 51332 dans le SCIAN en renseignements au sujet de la branche qui fournit des services de télécommunications sans fil (sauf par satellite).

Innovation
L'innovation est l'utilisation commerciale d'une invention. Dans les enquêtes, on recense les innovations en posant des questions comme : « Votre entreprise a-t-elle offert de nouveaux produits ou des produits améliorés (biens ou services) à ses clients entre 1994 et 1996? », « Votre entreprise a-t-elle introduit de nouveaux procédés ou des procédés améliorés entre 1994 et 1996 pour la fourniture de produits (biens ou services)? », « Votre entreprise a-t-elle introduit des améliorations importantes en ce qui a trait à la structure organisationnelle ou dans ses opérations internes entre 1994 et 1996? »

Institutions
Les institutions sont des organismes faisant la promotion d'objets scientifiques, d'enseignement ou d'autres objets publics ou privés. Elles sont classées selon les secteurs suivants : à l'étranger, entreprise commerciale, enseignement, gouvernement et organisme sans but lucratif.

Intervenants
Les personnes ou les organismes qui se livrent à des activités de S-T sont les intervenants dans le présent cadre conceptuel.

Invention
L'invention est la création d'un nouveau produit ou procédé. L'invention peut être protégée ou non par des droits de propriété intellectuelle, comme des droits d'auteur, des brevets, des marques de commerce, des secrets commerciaux, des protections d'obtentions végétales ou des enregistrements de dessins industriels ou de dessins en circuit intégré.

L

Lien

Un lien est une relation entre les activités des intervenants dans le système. Il s'agit d'un moyen par lequel les connaissances scientifiques et technologiques sont transférées entre les intervenants. Par exemple, un ministère (intervenant) qui fournit des renseignements sur la façon d'améliorer une innovation (activité) et une entreprise (intervenant) qui fait de l'innovation (activité) ont un lien si les renseignements fournis par le ministère sont utilisés par l'entreprise.

Connaissances scientifiques et technologiques
Connaissances scientifiques et technologiques s'entend du sous-ensemble de connaissances obtenues dans le cadre d'activités de S-T (voir Connaissance).

D

Diffusion
Diffusion s'entend du changement, sur une certaine période, de l'utilisation de nouvelles idées ou technologies. Par exemple, on utilise de plus en plus les téléphones sans fil, et on mesure la diffusion de ce type de téléphone en comptant le nombre de personnes qui déclarent en avoir.

Diffusion technologique

Changement, sur une certaine période, de l'utilisation des technologies.

Données

Nombres issus de mesures. Exemple : nombre d'entreprises de la classe 51332 dans le SCIAN.

E

Évaluation

Le processus de comparaison des objectifs d'un projet avec ses résultats et ses incidences en vue de déterminer si le projet a atteint les objectifs de façon efficiente et efficace relativement à l'affectation des ressources.

G

Groupe de travail

Un groupe de travail est créé par un Comité consultatif et a une fin précise. Il est composé de membres du Comité ainsi que de spécialistes non membres du Comité et extérieurs à Statistique Canada.

H

Hypothèse

Supposition servant de point de départ pour une recherche plus poussée sur la base de faits connus.

I

Incidence

L'incidence est la conséquence d'un résultat. La télévision a une incidence sur l'apprentissage; les téléphones cellulaires ont une incidence sur l'organisation industrielle. L'incidence peut s'échelonner sur une longue période.

GLOSSAIRE DES TERMES

A

Activité

Activité s'entend de la création, la transmission ou l'utilisation de connaissances scientifiques et technologiques, ou d'une combinaison de ces trois éléments. Quelques exemples plus précis d'activités : recherche-développement, invention, innovation, adoption de technologies et le perfectionnement des ressources humaines reliées à toutes ces activités. Les intervenants sont engagés dans des activités.

C

Cadre conceptuel

Un cadre conceptuel est une structure dans laquelle on peut placer des contenus. Dans le cas du Cadre conceptuel pour un système d'information statistique, la structure et les contenus sont des éléments nécessaires pour communiquer de quelle façon sont développées les informations statistiques au sujet de l'évolution des sciences et de la technologie et de leurs interactions avec la société, l'économie et le système politique dont elles font partie.

Capacité

Capacité s'entend du pouvoir de maîtriser, de recevoir, d'expérimenter ou de produire. Ce terme sert à décrire le pouvoir d'un intervenant de produire, de transmettre ou d'acquérir des connaissances scientifiques et technologiques.

Classification

L'attribution d'une activité à une classe. Par exemple, l'attribution de la classe 51332 à une entreprise qui fournit des services de télécommunications sans fil (sauf par satellite) dans le SCIAN.

Comité consultatif

À Statistique Canada, un comité consultatif est un groupe de personnes provenant de l'extérieur de Statistique Canada, choisies par le statisticien en chef, pour fournir leur avis sur un sujet particulier. Le Comité reçoit l'appui d'un secrétaire, qui est un cadre supérieur du Bureau.

Connaissance

La connaissance s'acquiert par l'expérience. Elle peut être écrite (connaissance codifiée) ou propre à une personne ou à un groupe (connaissance tacite). Dans le texte, il s'agit seulement de connaissances scientifiques et technologiques dont il est tenu pour acquis qu'elles confèrent la capacité d'agir. Par exemple, le fait de savoir que la modification du niveau du crédit d'impôt accordé aux entreprises de la classe 51332 dans le SCIAN entraîne une modification du nombre d'entreprises dans cette branche confère au gouvernement la capacité d'agir.

Annexe 3 : Membres du Comité consultatif de la statistique des sciences et de la technologie

Mme Susan A. McDaniel, <i>Présidente</i>	Département de sociologie Université de l'Alberta Edmonton (Alberta)
M. Louis Berlinguet	Verdun (Québec)
M. Simon Curry	CADENCE Design Systems Inc. Chelmsford (Massachusetts)
M. Robert Dalpé	Département de science politique et Centre interuniversitaire de recherche sur la science et la technologie (CIRST) Université de Montréal Montréal (Québec)
M. Robert Davidson	Directeur de la recherche et de l'analyse des politiques Association des universités et des collèges du Canada Ottawa (Ontario)
M. Stephen Fienberg	Département de la statistique Université Carnegie Mellon Pittsburgh (Pennsylvania)
M. Fred Gault, <i>Secrétaire</i>	Directeur Projet de remaniement des sciences et de la technologie Statistique Canada
Mme Janet E. Halliwell	JEH Associates Inc. Gloucester (Ontario)
M. Petr Hanel	Département d'économie Université de Sherbrooke Sherbrooke (Québec)
M. Adam Holbrook	Centre de recherche politique sur les sciences et la technologie Université Simon Fraser Vancouver (British Columbia)
M. Pierre Mohnen	Sciences économiques Centre interuniversitaire de recherche en analyse des organisations (CIRANO) Université du Québec à Montréal Montréal (Québec)
M. Jacob Ryten	Statisticien en chef adjoint Statistique du commerce et des entreprises Statistique Canada
M. Martin Walmsley	Knowledge Connection Corporation Toronto (Ontario)
M. Martin Wilk	Hemet (Californie)
M. David Wolfe	Département de science politique Université de Toronto Toronto (Ontario)

Annexe 2 : Membres du Groupe de travail sur l'élaboration d'un cadre conceptuel de la statistique des sciences et de la technologie

Membres du Comité consultatif de la statistique des sciences et de la technologie

Autres membres du Groupe de travail provenant de Statistique Canada

M. Ivan P. Fellegi
Statisticien en chef du Canada
Statistique Canada

M. Albert Meguerditchian
Directeur général
Statistiques des prix, du commerce international et des finances
Statistique Canada

Mme Frances Anderson
Chef, Développement des indicateurs
Projet de remaniement des sciences et de la technologie
Statistique Canada

M. Antoine Rose
Agent d'élaboration des produits
Projet de remaniement des sciences et de la technologie
Statistique Canada

Mme Susan A. McDaniel, *Présidente*
Département de sociologie
Université de l'Alberta
Edmonton (Alberta)

M. Fred Gault, *Secrétaire*
Directeur
Projet de remaniement des sciences et de la technologie
Statistique Canada

M. Jacob Rytén
Statisticien en chef adjoint
Statistiques du commerce et des entreprises
Statistique Canada

M. Martin Walmsley
Knowledge Connection Corporation
Toronto (Ontario)

M. Martin Wilk
Hemet (California)

Membre d'Industrie Canada

M. Chummer Farina
Directeur
Sciences et technologie fédérales
Industrie Canada

Au cours des dernières années, des enquêtes sur l'innovation dans les entreprises ont été réalisées dans bon nombre de pays, dont le Canada. Ces efforts ont permis d'améliorer considérablement les indicateurs statistiques de toutes les catégories précitées, de telle sorte que quiconque désire mener une enquête sur l'innovation dispose aujourd'hui d'une série très détaillée d'indicateurs statistiques. Ces derniers ont d'ailleurs été normalisés dans le Manuel d'Oslo de l'OCDE et de l'U.E. intitulé *Principes directeurs proposés pour le recueil et l'interprétation des données sur l'innovation technologique*. De manière très générale, le travail de conception préalable à l'élaboration d'une série complète d'indicateurs statistiques a déjà été réalisé. L'amélioration de ces indicateurs se poursuivra à mesure que de nouvelles données seront acquises.

Il existe un certain nombre de questions analytiques difficiles à résoudre et qui pourraient l'être plus facilement si l'on raffinaient encore plus certains indicateurs détaillés sur l'innovation. En voici quelques exemples :

- Quelle est la force des liens entre le rendement au chapitre de l'exportation (et l'accroissement de la part du marché pour un produit donné provenant d'une entreprise ou d'une industrie donnée) et l'utilisation de produits ou de procédés innovateurs ?
- L'adoption de procédés ou de produits innovateurs a-t-elle eu des conséquences positives ou négatives sur l'emploi dans les industries où l'innovation a été adoptée ?
- Dans quelle mesure l'adoption de procédés ou de produits innovateurs a-t-elle été appuyée par un financement gouvernemental de l'accès aux nouvelles technologies ou aux nouvelles techniques ?

- Dans quelles disciplines ont étudié les diplômés qui sont embauchés dans le secteur des services ?
 - Quel pourcentage des diplômés de 1992 en informatique ont trouvé du travail à l'extérieur du Canada ?
- On peut aussi poser des questions présentant un intérêt au plan analytique, dans la veine de la question générale suivante :
- Dans quelle mesure l'embauche d'un diplômé en S-T modifie-t-elle le potentiel de l'employeur en S-T ?

On ne peut toutefois répondre à cette dernière question qu'après avoir effectué des efforts systématiques pour relier le dossier d'une entreprise (d'un groupe d'entreprises, d'une industrie) au chapitre de l'innovation à son rendement à titre d'employeur de personnel disposant de certaines habiletés.

A.3 Innovation par les entreprises

L'innovation par les entreprises est l'un des principaux indicateurs de l'utilisation des S-T. L'application de la classification permet ici encore de préciser les types d'indicateurs qu'il faudrait définir pour obtenir une description statistique complète de l'innovation par les entreprises.

Question	Catégorie de l'indicateur	Indicateurs particuliers
Qui ?	Acteurs ou intervenants	• Entreprises ou éléments d'une entreprise
Quoi ?	Activités	• Type d'innovation (produit, procédé et structure organisationnelle)
Où ?	Lieu	• Lieu dans l'entreprise responsable de l'innovation
Pourquoi ?	Objectif	• Élargissement de la part du marché • Meilleurs ratios financiers
Combien ?	Ressources	• Coût (\$) de l'innovation • Personnes employées aux fins de l'innovation • Financement public de l'innovation
Nature des liens ?	Processus/Liens	• Sources d'information publiques sur l'innovation
Résultats obtenus ?	Résultats	• Création d'emplois • Produit moins dommageable pour l'environnement • Effets directs sur la santé, la sécurité, etc.

Le placement des nouveaux diplômés en S-T est l'un des indicateurs de la transmission des connaissances scientifiques et technologiques, les ressources humaines représentant un important véhicule de diffusion de ces connaissances. L'application de la classification permet de préciser les types d'indicateurs qu'il faudrait définir pour obtenir une description statistique complète du placement des nouveaux diplômés en S-T.

Question	Catégorie de l'indicateur	Indicateurs particuliers
Qui ?	Acteurs ou intervenants	<ul style="list-style-type: none">• Nombre de personnes disposant de qualifications pertinentes dans les disciplines observées
Quoi ?	Activités	<ul style="list-style-type: none">• Placement sur le marché du travail, par fonction et par industrie
Où ?	Lieu	<ul style="list-style-type: none">• Au Canada et à l'étranger
Pourquoi ?	Objectif	<ul style="list-style-type: none">• Emplois lucratifs pour les diplômés et augmentation de la capacité de R-D de l'entreprise, de l'industrie ou de l'économie
Combien ?	Ressources	<ul style="list-style-type: none">• Soutien financier des universités et des programmes universitaires par l'État• Engagement financier par les diplômés
Nature des liens ?	Processus/Liens	<ul style="list-style-type: none">• Liens entre les universités et les entreprises offrant des emplois
Résultats obtenus ?	Résultats	<ul style="list-style-type: none">• Potentiel de l'employeur en S-T• Potentiel de l'industrie en S-T

Le financement du réseau et des programmes universitaires est bien documenté, tout comme l'est la production des diplômés en S-T, par discipline. L'Enquête nationale auprès des diplômés fournit en effet des renseignements sur les mouvements des nouveaux diplômés en S-T vers certaines industries, et recueille des données sur le secteur dans lequel ces diplômés travaillent, deux et cinq ans après l'obtention de leur diplôme. Par contre, les données sur les mouvements des diplômés en S-T à l'étranger sont manquantes.

L'Enquête nationale auprès des diplômés fournit également des renseignements qui sont utilisés pour définir des indicateurs aidant à établir si les objectifs des diplômés en S-T ont été atteints; cette enquête détermine en effet le taux de chômage chez les nouveaux diplômés, en plus de demander aux diplômés de préciser dans quelle mesure leurs études ont été utiles pour obtenir leur emploi.

En ce qui a trait au placement des diplômés en S-T, il y a là aussi des lacunes, notamment pour la mesure du potentiel de l'employeur en S-T et pour l'effet du placement des diplômés en S-T sur le potentiel de l'employeur en S-T. Des mesures de substitution peuvent probablement être établies en reliant le dossier d'une entreprise au chapitre de l'innovation (ainsi qu'un certain nombre de variables financières pertinentes) à l'entrée de nouveaux diplômés parmi ses effectifs. Outre les questions factuelles évidentes, telles que les suivantes :

Question	Catégorie de l'indicateur	Indicateurs particuliers
Qui ?	Acteurs ou intervenants	<ul style="list-style-type: none"> Organismes exécutants : ministères, universités, laboratoires, collèges, hôpitaux, industries, etc. Particuliers : selon le domaine d'études, l'établissement, l'âge, le sexe, etc.
Quoi ?	Activités	<ul style="list-style-type: none"> Exécution de la R-D : selon le domaine et le type d'activité Acquisition et maintien des infrastructures de recherche Formation et maintien de personnel hautement qualifié
Où ?	Lieu	<ul style="list-style-type: none"> Canada, province, municipalité, industrie
Pourquoi ?	Objectif	<ul style="list-style-type: none"> Maintien de la compétitivité, qualité de vie, accroissement des connaissances Industrie : réduction des coûts, amélioration des produits ou des services, élargissement du marché d'exportation Enseignement postsecondaire : formation, amélioration de l'enseignement, accroissement des connaissances, applications industrielles ou publiques, services communautaires Perfectionnement des ressources humaines, politiques, sécurité, soutien de l'industrie, respect de conventions ou d'accords, appui à d'autres paliers de gouvernement
Combien ?	Ressources	<ul style="list-style-type: none"> Fonds alloués à la R-D par secteur Exécution de la R-D par secteur Nombre de personnes affectées à la R-D
Nature des liens ?	Processus/ Liens	<ul style="list-style-type: none"> Proportion des activités de recherche à l'interne par rapport aux recherches financées à l'extérieur Quantité de R-D menée par le biais de consortiums industriels, d'organismes intra-sectoriels, de groupes et de réseaux intersectoriels Publications conjointes et brevets
Résultats obtenus ?	Résultats	<ul style="list-style-type: none"> Nouveaux produits, produits et services améliorés, publications, personnel formé Conformité avec les conventions internationales, mesures de la qualité de l'environnement, longévité et état de santé de la population Embauche de personnel formé en recherche Investissements par l'industrie dans de nouvelles technologies et innovations

Un certain nombre des indicateurs précités sont actuellement disponibles, grâce aux données recueillies dans le cadre conceptuel des enquêtes annuelles sur la R-D. Ces données incluent des statistiques détaillées sur les ressources, les intervenants, le type d'activité et le lieu (Canada, provinces et industrie).

L'importance d'ajouter aux indicateurs une mesure des résultats est évidente. En son absence, outre la documentation des faits entourant les intrants, cet ensemble de données présente peu d'intérêt au plan analytique.

Annexes

Annexe 1 : Applications du cadre conceptuel

Afin d'illustrer diverses applications de la classification, trois exemples sont présentés ci-dessous, portant respectivement sur la production des connaissances en S-T, sur la transmission de ces connaissances et sur leur utilisation. Ces exemples sont :

- la R-D financée par l'État
- la main-d'œuvre qualifiée
- l'innovation par les entreprises

Pour chacun de ces exemples, il y a présentation de l'enjeu, lequel est suivi de la série d'indicateurs qui permettent de répondre aux principales questions. On traite ensuite de l'information actuellement disponible et des lacunes à combler à ce chapitre. Plusieurs questions particulières auxquelles les indicateurs permettent d'apporter des réponses sont également présentées.

A.1 R-D financée par l'État

Dans cet exemple, nous ne pouvons aller au-delà de la mesure de la variation des intrants. Supposons cependant, pour les fins de l'exercice, que nous disposons d'une mesure des résultats. Les questions nous intéressent s'inscrivent dans la relation entre intrants et résultats. Par exemple, toutes choses étant égales par ailleurs, la valeur des résultats (peu importe la façon dont celle-ci est mesurée) varie-t-elle en fonction des coûts de la recherche ? Y a-t-il une quelconque évidence que certains secteurs réussissent mieux dans ce domaine que d'autres ? Les regroupements d'intervenants (consortiums) ou d'autres alliances informelles ont-ils de meilleures chances de succès ? Ainsi de suite.

7. Remarques finales

Le cadre conceptuel présenté porte sur les interactions se produisant aux différentes étapes de la production et de la transmission des connaissances. Bien entendu, il prend aussi en compte le fait que plusieurs de ces changements ont des effets sur l'économie, les institutions sociales et certainement aussi sur l'organisation politique, tout comme il tient compte du fait que les changements apportés au plan politique peuvent affecter le rythme et la nature des changements techniques et de la production de connaissances.

Même si le cadre conceptuel rappelle la nécessité de prendre en compte ces changements, il ne peut pour autant préciser en détail le lieu logique de leur classification. Si tel était le cas, nous serions plutôt en présence d'un cadre conceptuel décrivant toute l'activité humaine car c'est bien là l'immense portée des changements scientifiques et techniques. Nous devons donc nous limiter à demeurer conscients de ces interactions tout en nous appuyant sur un programme établi pour leur étude, en associant l'information sur les S-T à d'autres informations liées plus précisément à l'organisation économique et sociale.

Le cadre conceptuel décrit dans le présent document se veut un concept opérationnel de base aux fins de l'élaboration systématique de la statistique portant sur l'évolution des sciences et de la technologie et sur leurs interactions avec la société, l'économie et le système politique dans lesquels le cadre conceptuel s'inscrit.

Le cadre conceptuel présente des descriptions utiles aux fins de :

- la conception des modes d'acquisition des données;
- la détermination des lacunes importantes dans les données;
- la formulation des priorités;
- la remise en question des mythes;
- l'élaboration des questions et des hypothèses analytiques;
- la compréhension de la complexité des bienfaits et des désavantages sociaux découlant de l'évolution des S-T;
- la reconnaissance de la nécessité de faire preuve de prudence et d'esprit critique dans l'établissement des politiques en S-T.

On ne prétend pas que le cadre conceptuel en lui-même puisse servir de modèle dynamique des interactions des S-T avec la société, l'économie et le système politique, bien que l'information systématique qui en dérivera puisse servir de fondement à une meilleure compréhension des causes et des effets. La nature du cadre conceptuel et les détails qu'il renferme pourront être modifiés, possiblement de façon majeure, à mesure que les travaux sur l'élaboration d'un système d'information statistique en S-T gagneront en maturité.

• Incidence du financement public de la R-D

Les connaissances qui peuvent être protégées par des droits de propriété intellectuelle et être vendues par la suite offrent un exemple de R-D financé par l'État. Après qu'il y a eu transfert des connaissances, celles-ci peuvent avoir une incidence importante sur l'organisation de l'industrie et sa position au pays et à l'étranger si elles sont appliquées par l'industrie pour la production de produits ou de procédés nouveaux ou améliorés. Ce serait le cas par exemple d'un système amélioré de chiffrement des données résultant d'un programme de développement de logiciels par un financement public. Des licences de revente pourraient être accordées aux entreprises qui vendent des produits sur Internet, amenant une augmentation significative de leurs ventes. Dans un tel cas, les incidences se mesureraient par la croissance des recettes des entreprises proposant le nouveau système et par la part du marché occupée par ce dernier.

• Incidence de la formation

Les établissements de formation collégiale prennent des mesures pour déterminer et corriger les codes machines qui tomberont en panne lorsqu'arrivera l'an 2000 et par la suite. Ils offrent ainsi de nouveaux cours en langages de programmation qui doivent être utilisés pour écrire les logiciels de correction, et ces personnes trouvent du travail. Le résultat de cette activité correspond à l'arrivée sur le marché du travail de diplômés collégiaux qualifiés. L'incidence immédiate de ce résultat se situe au niveau de la réparation des codes machines; à plus long terme, ces personnes pourraient continuer de travailler comme programmeurs et analystes de systèmes. L'incidence socio-économique de cette activité pourrait fort bien se situer dans le changement plus au moins permanent dans les préférences des étudiants pour des études en informatique plutôt que, par exemple, des études en sociologie.

• Incidence d'une innovation

Lorsque le résultat d'une innovation est un nouveau produit, comme le téléphone cellulaire, les répercussions sont à la fois d'ordre scientifique, technologique et socio-économique. La technologie peut se répandre dans l'ensemble de l'économie et on peut alors établir des indicateurs financiers de la production, des mesures matérielles de l'utilisation – réelle ou planifiée – ainsi que des mesures des changements organisationnels résultant de l'utilisation de la téléphonie cellulaire. Dans notre société, l'utilisation des téléphones cellulaires a une incidence à la fois sur la sécurité personnelle et sur les modes de communication interpersonnels. L'entreprise fabrique un produit amélioré qui est le résultat de l'innovation technologique. Si le produit connaît beaucoup de succès, il peut alors amener d'autres entreprises du même secteur à fermer leurs portes, créant ainsi du chômage; les gains de productivité résultant de l'utilisation du produit dans d'autres industries peuvent se traduire par une réduction de la demande de main-d'œuvre. À l'inverse, la diffusion du produit peut également se traduire par la création d'emplois dans certaines industries qui en font usage. Dans ce dernier cas, le taux de chômage et la demande de main-d'œuvre constituent les mesures des incidences socio-économiques.

Il existe une abondance de statistiques sociales et économiques disponibles pour évaluer l'incidence de percées scientifiques et techniques. Celles-ci portent entre autres sur la santé, l'éducation, le revenu, l'environnement, l'équité sociale des familles, la démographie, la justice, la sécurité nationale et la mobilité, en plus des statistiques sur le rendement économique. Nous présentons ci-dessous quelques exemples d'incidences et des indicateurs nécessaires pour décrire chacune.

On peut diviser les incidences en deux types : celles qui affectent le système socio-économique et résultent de l'adoption d'une innovation; et celles qui affectent l'environnement de l'activité de S-T et résultent de changements dans l'organisation sociale, économique ou politique. On devra prendre en compte ces deux types d'incidences en présence d'interactions entre les S-T et la société dans son ensemble.

Alors que les résultats représentent les résultats discernables d'une activité de S-T, les incidences se rapportent aux conséquences affectant les systèmes sociaux, économiques, politiques, ainsi que l'environnement et la science. Ces conséquences prennent plus de temps à se manifester et sont souvent plus difficiles à discerner et à relier à leurs origines. Le cadre conceptuel n'en a pas moins l'avantage de fournir un lieu dans lequel les incidences, peu importe la précarité de leur identification, peuvent être classifiées, laissant à l'expérience et aux recherches ultérieures le soin de préciser avec plus de certitude si ces incidences découlent ou non des résultats des S-T.

6. Mesure des résultats et mesure des incidences

On trouve à l'annexe 1 des exemples plus précis de l'utilisation du cadre conceptuel.

On peut aussi utiliser le cadre conceptuel et la structure reliant ses composantes pour juxtaposer les variables qui changent à celles qui ne changent pas. L'observation des changements nous éclaire en retour sur la dynamique du système. Certaines variables peuvent changer avec le temps ou en fonction du lieu géographique ou de l'industrie, ou encore en fonction des caractéristiques de l'intervenant ou des liens entre intervenants. À titre d'exemple, la propension des entreprises à innover peut varier selon la région et le secteur industriel ou encore avec le temps. Ces tendances ressortent des données utilisées pour étayer les statistiques ainsi que les indicateurs requis pour le cadre conceptuel. Le défi analytique qui se pose ici est de définir les liens statistiques avec les autres variables du cadre conceptuel, de manière à faciliter la formulation des hypothèses causales.

Cette phrase peut également servir d'hypothèse à vérifier dans le cadre conceptuel d'un programme d'analyse. Les questions et la syntaxe qui les relie forment un outil d'analyse. À mesure que le cadre conceptuel est précisé, un vocabulaire sélectionné peut être défini, avec définitions à l'appui de chacun des termes, dont bon nombre figurent déjà dans les principes directeurs de l'OCDE sur le recueil des données. Bien entendu, dans plusieurs situations, les données servant à étoffer une description sommaire pourront ne pas être disponibles – bien que l'on formulera de manière explicite dans le cadre conceptuel ces absences d'information.

5. Utilisation du cadre conceptuel

Les questions énoncées ci-dessus peuvent être réunies dans la phrase suivante :

“Pour qu'un **intervenant** [QUI]

puisse exécuter une **activité** [QUOI]

dans un **lieu** [OÙ],

dans le but d'atteindre un **objectif** [POURQUOI],

quels sont les **coûts** [COMBIEN]

les liens et les incitatifs [NATURE DES LIENS]

nécessaires pour obtenir un **résultat** [RÉSULTATS OBTENUS] ?”,

et appliquées à un exemple fictif :

“L'entreprise ABC Limitée [QUI]

a réalisé de la **R-D sur les nanoconducteurs** [QUOI]

dans ses installations de recherche de Kanata [OÙ]

dans le but d'**accroître sa part du marché** des semi-conducteurs [POURQUOI],

investissant 10 millions de dollars dans ces travaux [COMBIEN]

en partenariat avec le laboratoire de physique de l'Université CDE,

tout en récupérant la moitié de cette somme en vertu du

programme de remboursement fiscal de la R-D [NATURE DES LIENS],

du fait que le processus de fabrication mis au point

était plus respectueux de l'environnement [RÉSULTATS OBTENUS].”

Ce type d'énoncé fait ressortir les statistiques qui seront nécessaires pour définir les grandes lignes de la dynamique d'une activité de recherche pour laquelle on connaît l'origine, l'objectif, les coûts vérifiables, les partenaires et les alliés ainsi qu'un résultat vérifiable.

technologiques, des liens entre ces activités et de leurs résultats. La classification regroupe les activités du système de S-T sous trois catégories, soit la production, la transmission et l'utilisation. Pour chacune de ces activités, des questions génériques peuvent être posées; les réponses à ces questions servent de fondement à un programme d'élaboration d'indicateurs.

Voici ces questions génériques :

ACTIVITÉS

Qui ?

Qui sont les acteurs ou intervenants (personnes ou organisations) dans l'activité ? S'agit-il d'organisations gouvernementales, industrielles ou universitaires? S'agit-il d'ingénieurs, de scientifiques ou de personnel de soutien ?

Quoi ?

Quelle est la nature de l'activité?

Où ?

À quel endroit se déroule l'activité (lieu géographique et secteur, tel que l'industrie, la population, le milieu universitaire) ?

Pourquoi ?

Quels sont les objectifs visés par l'activité mise en œuvre (réduction des coûts, amélioration des produits, percées scientifiques, etc.) ? Pour quelles raisons cette activité est-elle entreprise ?

LIENS

Combien ?

Quelles ressources ont été consacrées à l'activité (dépendances monétaires, ressources humaines, matériel et capital immobilisé) ? D'où proviennent les ressources et quelles en sont les caractéristiques ?

Nature des liens ?

Quels sont les organismes sociaux en cause, les infrastructures de soutien, les réseaux spécialisés, les préalables essentiels, les contraintes cruciales et les liens entre les acteurs concernés ?

RÉSULTATS

Résultats obtenus ?

Une fois l'activité mise en œuvre, quels en sont les résultats (article publié, brevet, nouveau produit, etc.) ?

Le facteur temps, exprimé sous forme de durée ou de fréquence, peut être utilisé pour préciser toute variable du cadre conceptuel.

• Production des connaissances

La production scientifique et technologique vise la création de nouvelles connaissances ou informations. Celles-ci peuvent trouver une application dans de nouveaux produits, procédés ou pratiques organisationnelles ou encore être assimilées par les personnes disposant de compétences spécialisées en raison de leur formation et de leur expérience. Les connaissances en S-T peuvent aussi être codifiées dans des manuels, des publications, des logiciels informatiques et dans de nouveaux produits.

• Transmission

Les modes de diffusion des connaissances scientifiques et technologiques sont variés et incluent, par exemple, l'embauche d'un ingénieur spécialisé dans les procédés de fabrication, la publication d'un article sur le procédé de fabrication que pourra utiliser une entreprise disposant des compétences techniques nécessaires pour appliquer l'information contenue dans l'article; le processus formel d'enseignement dans les disciplines pertinentes; un système d'apprentissage en milieu de travail; les partenariats; les conférences; les communications informelles entre scientifiques; etc.

• Utilisation

Les connaissances scientifiques et technologiques sont mises à profit suite à la recherche de ces connaissances, à leur compréhension et à leur absorption. Au préalable, leur utilisateur doit disposer des outils nécessaires pour les rechercher et les récupérer de même qu'être en mesure de les assimiler dans la forme où elles sont transmises avant d'être appliquées à des questions économiques et sociales particulières.

Dynamique du système

La dynamique des sciences et de la technologie repose sur les liens existant entre les acteurs du système (personnes ou organisations), l'acquisition de connaissances intégrées dans des produits, l'embauche d'employés disposant de compétences scientifiques et technologiques, et la diffusion de l'information sur les S-T. Pour faciliter la discussion de cette dynamique, nous devons disposer d'un outil pour classer ces activités, les liens existant entre elles ainsi que leurs résultats. Il faut aussi comprendre que la transmission des connaissances n'est pas instantanée, qu'elle requiert du temps, qu'il peut y avoir un délai considérable entre le début d'une activité et l'obtention de résultats et que les impacts peuvent n'être détectés que très longtemps après l'obtention des résultats.

4.2 Classification des activités, de leurs liens et des indicateurs de résultats

L'exigence statistique visant la classification consiste à élaborer des descripteurs ou des indicateurs statistiques du système des S-T et de sa dynamique. Nous proposons ci-dessous une description permettant d'inclure tous les indicateurs des activités scientifiques et

"Résultat" est un mot servant à décrire l'issue d'une activité. Par exemple, une nouvelle puce informatique est le résultat d'un projet de développement. Le résultat peut avoir été précédé de réalisations intermédiaires comme des articles, des plans ou des conférences. Plus tard, le résultat peut aussi être suivi d'impacts.

d'intervenants, étant facilitées par des moyens de communication et de transport de plus en plus efficaces ou stimulées par une plus grande mobilité des travailleurs spécialisés.

Les composantes opérationnelles liées à un cadre d'information sur les S-T sont nombreuses. Qu'il suffise de mentionner la R-D, les procédés d'innovation, le marketing, l'organisation, les questions d'ordre légal et réglementaire, l'éducation, les matières premières, la capitalisation et le financement, les compétences de la main-d'œuvre, les structures fiscales, les facteurs environnementaux, les politiques gouvernementales, les éléments de l'infrastructure des télécommunications, les transports, l'informatique, l'infrastructure sociale, les mécanismes de transfert technologique ou encore l'expansion des marchés transfrontaliers.

4. Le cadre conceptuel du système d'information en S-T

Il existe peu de théories expliquant les mécanismes par lesquels les sciences et la technologie se développent et interagissent avec d'autres activités dans différentes institutions. Il existe certaines mesures des procédés, plusieurs croyances et mythes non prouvés de même que d'importantes lacunes en matière d'information. L'un des buts de ce cadre conceptuel est de situer des mesures possibles des procédés et de leurs effets, puis d'utiliser le cadre conceptuel pour déterminer les lacunes à combler. Le point de départ d'un tel exercice consiste à cerner les mesures actuelles, à déterminer les activités qui ne sont pas encore mesurées mais qui pourraient l'être dans l'avenir, et à préciser les activités pour lesquelles les mécanismes de mesure ne sont pas évidents à ce stade – comme la qualité de vie ou les mesures reconnues de la santé de la population.

Selon le cadre conceptuel décrit, les sciences et la technologie font partie intégrante de la société et de l'économie. Le cadre conceptuel met l'accent sur le système des S-T mais comporte aussi des mesures des résultats et des incidences tant à l'intérieur qu'à l'extérieur de ce système. La description du système des S-T établit de manière explicite le rapport entre les activités scientifiques et technologiques, leurs liens et leurs résultats, et inclut également une classification d'indicateurs des S-T pour guider les travaux statistiques. Du fait que les activités scientifiques et technologiques font partie intégrante de la société et de l'économie, l'un des intérêts premiers du cadre conceptuel demeure l'incidence des sciences et de la technologie sur les personnes et les institutions ainsi que l'interaction réciproque que la société et l'économie en général ont sur le système des sciences et de la technologie.

4.1 Système des sciences et de la technologie

Le système des S-T constituant la base du présent cadre conceptuel regroupe trois types d'activités, soit :

- la production de connaissances scientifiques et technologiques;
- la transmission de ces connaissances;
- l'utilisation de ces connaissances.

La dynamique du système S-T repose sur la circulation de l'information, depuis son lieu de production jusqu'à celui de son utilisation, ce qui suppose un média pour la transmission de l'information ainsi que la capacité requise de transmettre, de récupérer et d'absorber les connaissances.

On ne peut répondre à ces questions à l'aide de l'information statistique présentement disponible. On constate un manque de documentation au sujet des rapports entre les composantes opérationnelles; et, en l'absence d'un cadre conceptuel, les indicateurs de S-T sont peu ordonnés et parfois même trompeurs.

L'utilisation du ratio de la DIRD

Le ratio entre "dépenses brutes en recherche et développement" (DIRD) et le PIB constitue un exemple d'indicateur largement utilisé, bien que trompeur. Dans les années antérieures, le ratio de la DIRD était perçu comme complémentaire au ratio de la formation brute du capital par rapport au PIB, les deux indices devant être une mesure de la consommation courante qu'un pays était disposé à sacrifier pour accroître sa capacité future de production de biens et services. Des études empiriques laissent cependant croire que les ratios en question n'indiquent rien de tel. Dans l'ensemble, les ratios DIRD des pays industrialisés varient lentement et leurs niveaux ne semblent pas liés aux variations du PIB.

Dans le passé, une seule politique-cadre conceptuel orientait les activités en sciences et technologie, sur le fondement que l'appui à la R-D favorisait le développement des idées, se traduisant par la suite par une plus grande productivité, la croissance économique et des progrès sociaux. Les indicateurs disponibles aux fins de l'analyse dans un tel cadre conceptuel étaient peu nombreux et se limitaient essentiellement aux dépenses et aux ressources humaines consacrées à la R-D.

À l'heure actuelle, alors que l'on soulève de manière croissante des questions fondamentales sur l'efficacité des dépenses de R-D, ces mesures simples ne conviennent plus. Les responsables des politiques publiques et les décideurs organisationnels veulent non seulement connaître le montant des sommes allouées et où elles vont, mais aussi comprendre comment les activités scientifiques et technologiques s'inscrivent dans les contextes national et international et, de manière générale, dans la société et l'économie. On impose aussi une obligation de reddition de comptes accrue à l'égard de tous les programmes gouvernementaux, y compris ceux liés aux sciences et à la technologie. Le secteur privé exprime pour sa part des préoccupations touchant la concurrence et la rentabilité. Tant ce dernier que le secteur public sont préoccupés par une utilisation optimale des maigres ressources consacrées à la S-T. Il importe donc d'accorder une attention encore plus grande aux indicateurs de résultats.

L'appui de la population aux efforts de R-D et aux sciences et à la technologie sera de plus en plus tributaire de la capacité de démontrer que l'activité scientifique et technologique a des effets sociaux, économiques et environnementaux bénéfiques pour la société. Pour recueillir cet appui, il faut en retour mettre au point des indicateurs crédibles et communicables sur les résultats et les incidences des activités scientifiques et technologiques; il faut aussi que ces indicateurs permettent d'établir les avantages économiques mais aussi les bienfaits sociaux tels que l'amélioration de la santé, de la qualité de vie, des emplois et de l'équité sociale.

Les procédés entourant la production, la transmission et l'utilisation des connaissances en S-T comportent des interactions et une dynamique complexes. Les connaissances en S-T ne sont pas uniquement produites dans les universités et les administrations publiques; elles proviennent également des activités commerciales et, sous l'effet de la mondialisation, des institutions étrangères. Elles résultent aussi des interactions entre un nombre croissant

3. Nécessité d'un cadre conceptuel pour la cueillette de statistiques en vue d'établir la valeur des activités de S-T

Les activités de S-T visées par le cadre conceptuel incluent la recherche et développement, l'invention, l'innovation et la diffusion des connaissances technologiques. L'ampleur de ces activités est largement fonction des caractéristiques des ressources humaines, financières et institutionnelles visées présentes dans tous les secteurs de l'économie : administrations publiques, monde des affaires, enseignement et ménages.

Les activités de S-T portent autant sur des objets matériels que sur des idées. Les robots, les lasers et les médicaments sont des exemples de la première catégorie. Quant aux idées, elles sont diffusées et nous atteignent par le biais de rapports, de logiciels, d'organisations, de machines, de systèmes et de personnes. Les caractéristiques s'appliquant aux ressources incluent pour leur part divers types d'organisations ainsi que les niveaux de compétences et les activités professionnelles des personnes.

On trouvera ci-dessous des exemples des nombreuses questions qui se posent quant à la nature des sciences et de la technologie et à propos de leurs effets socio-économiques :

- **R-D financée par l'État**

Quel est le rôle de la R-D financée par l'État au sein du gouvernement et dans les universités, et dans quelle mesure le milieu des affaires et d'autres intervenants se tournent-ils vers ces sources pour obtenir une orientation ? Qu'est-ce que cela nous apprend au sujet de la circulation des idées ?

- **Main-d'œuvre qualifiée**

Quels niveaux d'éducation correspondent aux exigences du marché du travail ? Existe-t-il un nombre suffisant de personnes disposant des compétences requises pour favoriser l'adoption de techniques de production efficaces ? Nos écoles sont-elles suffisamment sensibles aux messages du marché du travail ?

- **Sensibilisation du public aux S-T**

Dans quelle mesure la population influence-t-elle les choix de nouvelles technologies ? La sensibilisation accrue aux conséquences de l'innovation scientifique se traduit-elle par des choix mieux informés aux chapitres des occupations et des études complétées ?

- **Innovation par les entreprises**

D'où proviennent les idées que les entreprises adoptent dans leurs efforts d'innovation, compte tenu que seul un faible nombre d'entre elles réalisent de la R-D ? S'agit-il d'idées que les entreprises achètent, sont-elles disponibles gratuitement ou encore intégrées dans des produits et obtenues par rétro-ingénierie (recherche du secret de fabrication) ? Quels sont les effets des innovations des entreprises sur la demande de main-d'œuvre, tant à l'échelle globale que par profession et champ de compétences ?

L'objectif d'un cadre conceptuel servant à rassembler de l'information statistique consiste à organiser systématiquement l'information existante ainsi qu'à offrir un fonds de renseignements où sera versée l'information devant être rassemblée. Dans le cas du cadre conceptuel actuel en S-T, la production, la transmission et l'utilisation des connaissances en S-T constituent les éléments fondamentaux observés.

Les connaissances en S-T peuvent provenir de diverses sources autres que les activités de recherche. C'est ainsi que les connaissances s'accroissent à la suite de tentatives visant à rendre le processus de production plus efficace ainsi qu'à titre de sous-produit de leur transmission et de leur utilisation.

Plusieurs activités contribuent à la transmission des connaissances, qu'il s'agisse de l'embauche de personnel, de l'achat de livres, de la participation à des conférences, de la fusion ou de l'acquisition de sociétés, de l'ingénierie inverse, qui ne sont que quelques exemples de telles activités.

Un cadre conceptuel statistique permet de classer les activités, les liens et les résultats qui s'inscrivent dans la production, la transmission et l'utilisation des connaissances scientifiques et technologiques. Il comporte aussi des suggestions pour la mesure des incidences, tant au plan socio-économique qu'à l'intérieur même du système d'information en S-T. Un cadre conceptuel de la statistique en S-T facilite l'analyse de la signification mixte d'une vaste gamme d'indicateurs statistiques, dont plusieurs sont liés de manière intrinsèque.

2.2 Limites du cadre conceptuel

Malgré les efforts apportés à la conception du cadre conceptuel et à la définition d'un ensemble de classifications connexes, il existe des limites très importantes à la capacité de tels outils. Plusieurs activités étroitement liées à la production de connaissances se rapportent aussi à la transmission et l'utilisation des connaissances. L'auteur d'une activité productrice de connaissances ne connaît pas nécessairement l'objectif poursuivi par cette activité. En fait, on trouve au fil de l'histoire des sciences maints exemples d'ajouts fructueux au bassin des connaissances pour lesquels une utilisation n'a été trouvée que longtemps après la mort de leur auteur. La production de connaissances ne s'inscrit pas dans un processus ordonné et linéaire en vertu duquel, une fois les conditions préliminaires arrêtées, les connaissances seraient produites et ensuite, un média approprié créé pour leur diffusion, laquelle serait suivie d'une utilisation constructive par les intervenants appropriés. Dans la réalité, plusieurs de ces activités se produisent simultanément; il y a aussi itération; il y a erreurs dans la transmission et problèmes d'utilisation. La science se définit largement comme un processus d'auto-organisation, comportant une "planification stratégique" limitée et peu de direction unifiée ou d'efforts de gestion.

Il convient d'émettre des réserves au sujet des classifications qui serviront à établir les catégories d'informations pertinentes, y compris tous les domaines d'application des classifications socio-économiques. Ces réserves s'appliquent aussi aux activités liées aux connaissances, du simple fait qu'il reste encore énormément à apprendre de la compilation et de la classification des statistiques pertinentes. De plus, les possibilités d'établir des rapports de causalité dans un domaine aussi complexe que celui de l'interaction entre les S-T et l'économie et les institutions sociales sont pratiquement nulles. Néanmoins, il convient de consacrer des efforts au plan analytique pour chercher à comprendre les rapports existants entre activités de S-T et événements socio-économiques.

Un tel cadre conceptuel peut aussi servir à d'autres fins : l'un de ses rôles est d'aider à déterminer les priorités dans le développement futur de l'information. En fait, malgré que les statistiques en S-T figurent depuis nombre d'années dans la panoplie des statistiques nationales et qu'elles fassent aussi l'objet d'un examen minutieux de la part des organisations multilatérales mises sur pied pour promouvoir l'harmonisation internationale, ces statistiques sont encore à un stade de sous-développement et sont inadéquates aux fins de l'évaluation des priorités devant orienter le développement futur de la statistique. Un cadre conceptuel présente l'avantage de cerner les lacunes dans nos connaissances et de nous permettre de déterminer de manière plus explicite et systématique la manière dont nous devrions combler ces lacunes.

Le cadre conceptuel se voit attribuer un autre rôle découlant du fait que les activités de S-T et les activités socio-économiques ont d'étroites interactions. Un cadre conceptuel visant la mesure doit s'appuyer sur un cadre conceptuel qui décrit explicitement les liens entre l'économie, les institutions sociales et politiques ainsi que le changement technique et scientifique.

Comparaison entre le cadre conceptuel d'information statistique des S-T et le Système de comptabilité nationale

Le Système de comptabilité nationale (SCN), ou économie, est un système intégré de classification visant systématiquement toutes les opérations financières – réelles ou virtuelles – qui ont pour effet de modifier l'actif financier d'un agent économique (ménage, entreprise, institution ou organisme gouvernemental). Ces changements découlent normalement de la production ou des échanges ou encore de la modification de prix relatifs. Les articles visés par la situation de l'actif sont toutes les ressources (biens et services) ayant un prix (attribué par le marché ou imputé) et servant à un usage exclusif.

Un cadre conceptuel d'information en S-T recoupe en divers points le système de comptabilité économique. C'est ainsi que des ressources servent d'intrants à la production de connaissances; ces connaissances représentent un facteur essentiel des raisons pour lesquelles certains producteurs de biens et services ont de meilleures rentées que d'autres; on peut acheter des connaissances de l'extérieur et celles-ci se transigent pour ainsi dire de la même façon que les autres biens et services.

Le SCN ne s'arrête pas aux attributs matériels de la production et de la distribution dans le système économique – mais uniquement aux caractéristiques monétaires des opérations, lesquelles visent des ressources non partagées.

Le cadre conceptuel d'information en S-T recoupe le SCN de plusieurs façons mais en diffère aussi de manière importante dans les aspects suivants :

- ◆ l'objet de la mesure n'est pas monétaire mais une unité conceptuelle de "connaissance";
- ◆ une telle unité peut être utilisée simultanément par plusieurs personnes, sans perte de valeur;
- ◆ l'augmentation de connaissances n'est pas nécessairement reliée à une "valeur" économique positive ou négative.

2. Caractéristiques du cadre conceptuel et défis à relever

2.1 Structure et défis au plan statistique

Compte tenu de l'importance qu'occupent les S-T sur le plan socio-économique, il est surprenant de constater la rareté de l'information statistique portant sur les caractéristiques de ces domaines. Ce document présente un cadre conceptuel aux fins du rassemblement de statistiques en sciences et technologies, à partir d'une base analytique et systématique bien établie inspirée des nombreux ouvrages en matière d'évaluation et de mesure des connaissances.

Dans le passé, la statistique en S-T a fait fonction d'indicateur indirect et l'on considère que ce phénomène est peu susceptible de changer dans l'avenir immédiat. Cependant, si l'on désire tirer une interprétation considérablement meilleure de la signification de ces indicateurs, ces derniers doivent être systématiquement reliés conformément à un modèle décrivant la production, la transmission et la diffusion des connaissances dans une société moderne. C'est d'ailleurs pourquoi il y a autant d'enjeux reposant sur les résultats fructueux du cadre conceptuel et pourquoi il est souhaitable que l'information liée aux S-T puisse être présentée sous forme de cadre.

Le cadre conceptuel décrit ci-dessous se compose de trois éléments :

- la classification des statistiques requises pour décrire les activités de S-T;
- l'établissement systématique de liens entre ces statistiques et les questions analytiques auxquelles il faut répondre pour comprendre l'activité;
- le choix d'indicateurs appropriés pour mesurer l'incidence des activités scientifiques et technologiques.

Certaines raisons justifient la mise en place du cadre conceptuel, soit :

- La nécessité de consigner les moyens par lesquels le savoir scientifique et technique, une fois produit, est transmis, diffusé, récupéré et utilisé. Ces renseignements faciliteront la réponse aux questions touchant les incidences du changement scientifique et technologique sur nos économies et nos institutions sociales.
- Le cadre conceptuel vise à élargir nos connaissances au sujet des réactions des institutions sociales à l'utilisation des S-T et sur la manière dont ces changements peuvent affecter l'environnement au sein duquel l'innovation future prendra forme.
- Il vise aussi à prendre la mesure des conséquences découlant de l'utilisation des S-T, qu'il s'agisse d'impacts positifs ou négatifs sur la société (y compris la perception publique).

Il est impossible d'établir les fondements d'un débat éclairé sur les façons par lesquelles les changements scientifiques et technologiques affectent nos vies, si nous ne disposons pas d'un bilan complet, préparé avec rigueur et objectivité, de leurs conséquences sociales, tant positives que négatives. Le cadre conceptuel offre la garantie qu'un tel bilan sera aussi complet que les connaissances le permettent et qu'il pourra être utilisé de manière impartiale. Le cadre conceptuel garantit aussi que l'on précisera la portée des renseignements fondamentaux ainsi que les liens existant entre ces renseignements.

1. Introduction

Ce document présente un cadre conceptuel servant à orienter les efforts d'élaboration et de cueillette de données aux fins de la mise sur pied d'un système d'information statistique sur les sciences et la technologie.

Au cours des deux derniers siècles, notre civilisation a été marquée par une croissance économique et démographique phénoménale; une augmentation de sa capacité de se déplacer, de transporter les objets et de communiquer; l'acquisition de connaissances sophistiquées sur la manière de se nourrir; la capacité de se soigner et de prolonger la vie; ainsi que le pouvoir de détecter, de détruire et de polluer. Ces développements ont un élément commun, à savoir l'adoption des principes et de méthodes scientifiques dans la recherche systématique de connaissances et dans l'activité humaine. L'attitude de la société à l'égard de la science et de ses applications est passée de l'optimisme, au moment de l'avènement et de la diffusion de l'énergie électrique, des chemins de fer, du télégraphe, des ordinateurs et de la médecine moderne, à un état de préoccupation pour le moins agitée à la suite du développement de l'énergie atomique, la prise de conscience des menaces environnementales et les questions éthiques face à la manipulation génétique des animaux et des plantes. Cependant, ce changement d'attitude n'a pas ralenti les progrès scientifiques. Au contraire, ceux-ci ont plutôt connu une accélération.

La portée des politiques socio-économiques est passée d'une échelle nationale à une échelle mondiale. Les institutions sociales séculaires reconnues dans les différentes cultures et religions ont connu au cours des cinquante dernières années plus de remises en question affectant leur stabilité et leur avenir qu'elles n'en avaient connues au cours du millénaire précédent. La nature des activités humaines a radicalement changé pour passer d'activités centrées sur l'utilisation de main-d'œuvre vers des activités utilisant davantage le savoir.

Ces changements ainsi que d'autres changements sociaux profonds ne sont pas allés de pair avec l'élaboration d'information statistique objective et systématique sur les forces motrices des sciences et de la technologie. La science est un univers de connaissances organisées et la technologie demeure la science du pratique. Ce sont les connaissances qui commandent le changement et qui sont, en partie, à la source de la difficulté de définir et de décrire la production, la transmission et l'utilisation du savoir. Jusqu'à récemment, on notait aussi peu de demandes en vue de produire de l'information quantitative de la part des personnes qui fixent les modalités du financement des activités scientifiques et de l'acquisition des nouvelles idées. Dans le passé, l'information fournie aux responsables des politiques et à la population au sujet des processus de production, de transmission et d'utilisation des connaissances était principalement constituée de données sur les montants accordés aux diverses institutions, sur la nature des activités financées et sur les liens entre ce financement et les divers projets. Bien que de tels renseignements soient nécessaires à des fins comptables *a posteriori*, leur utilité est fort limitée lorsqu'elles doivent appuyer la prise de décisions touchant l'affectation des ressources ou pour comprendre les interactions entre l'innovation scientifique, d'une part, et ses conséquences socio-économiques et politiques, d'autre part.

Sommaire

Le cadre conceptuel décrit dans ce document est destiné à servir d'instrument de base aux fins de l'élaboration systématique de renseignements statistiques décrivant l'évolution des sciences et de la technologie et leurs interactions au sein de la société, de l'économie et du système politique dans lesquels elles s'inscrivent.

Le cadre conceptuel met l'accent sur les trois types d'activités suivants :

- la production de connaissances en S-T;
- la transmission de ces connaissances;
- l'utilisation de ces connaissances.

Le cadre conceptuel présente une classification regroupant tous les indicateurs des activités de S-T ainsi que les liens entre ces activités et avec leurs résultats. Pour chacun des éléments, il existe des questions génériques fondamentales; les réponses à ces questions servent de fondement à un programme d'élaboration d'indicateurs.

Le cadre conceptuel propose en outre des descriptions utilisables à diverses fins, portant sur :

- la conception des modes d'acquisition des données;
- la détermination des lacunes importantes dans les données;
- la formulation des priorités;
- la remise en question des mythes;
- l'intensification des questions et hypothèses analytiques;
- la compréhension de la complexité des bienfaits et des désavantages sociaux et découlant de l'évolution des S-T;
- l'éclaircissement des enjeux des politiques.

On ne prétend pas que le cadre conceptuel en lui-même puisse servir de modèle dynamique des interactions des S-T avec la société, l'économie et le système politique, bien que l'information systématique qui en dérivera puisse servir de fondement à une meilleure compréhension des causes et des effets. La nature du cadre conceptuel et les détails qu'il renferme pourront être modifiés à mesure que se poursuivront les travaux sur l'élaboration d'un système d'information statistique en S-T.

Remerciements

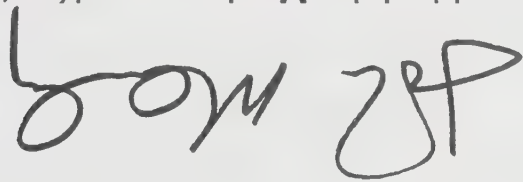
Ce travail n'aurait pas été rendu possible sans une large collaboration avec Industrie Canada et d'autres ministères et agences fédérales. Il a aussi bénéficié des contributions des membres du Comité consultatif sur la statistique des sciences et de la technologie et de son Groupe de travail, tous deux présidés par Susan McDaniel de l'Université de l'Alberta, et des contributions d'un précédent Groupe de travail présidé par Stephen Fienberg de l'Université Carnegie Mellon. Les membres du Groupe de travail provenant de l'extérieur de Statistique Canada sont : Chummer Farina (Industrie Canada), Martin Valmsley (Knowledge Connection Corporation), Martin Wilk ainsi que Janet Halliwell (JEH Associates Inc.), qui était membre du premier Groupe de travail. Les membres provenant de Statistique Canada sont : Frances Anderson, Ivan Fellegi, Fred Gault, Albert Meguerditchian, Antoine Rose, et Jacob Rytén.

Table des matières

Sommaire	7
1. Introduction	9
2. Caractéristiques du cadre conceptuel et défis à relever	10
2.1 Structure et défis au plan statistique	10
2.2 Limites du cadre conceptuel	12
3. Nécessité d'un cadre conceptuel pour la cueillette de statistiques en vue d'établir la valeur des activités de S-T	13
4. Le cadre conceptuel du système d'information en sciences et technologie	15
4.1 Système des sciences et de la technologie	15
4.2 Classification des activités, de leurs liens et des indicateurs de résultats	16
5. Utilisation du cadre conceptuel	18
6. Mesure des résultats et mesure des incidences	19
7. Remarques finales	21
Annexes	23
Annexe 1 : Applications du cadre conceptuel	23
Annexe 2 : Membres du Groupe de travail sur l'élaboration d'un cadre conceptuel de la statistique des sciences et de la technologie	28
Annexe 3 : Membres du Comité consultatif de la statistique des sciences et de la technologie	29
Glossaire des termes	31
Lectures suggérées	37

Le Projet avait pour objectif de produire des indicateurs d'activités utiles réunis ensemble dans un cadre conceptuel permettant de dresser un portrait cohérent de la science et de la technologie au Canada. Au cours de ses deux premières années d'existence, le Projet a produit de nouveaux renseignements sur l'innovation dans les industries de services, sur l'utilisation actuelle et l'utilisation projetée des biotechnologies, sur l'usage de l'Internet, sur la circulation des connaissances entre différents secteurs de l'économie et sur les dépenses fédérales dans les domaines scientifique et technologique. Le Projet a également produit le cadre conceptuel faisant l'objet de cette publication.

Le cadre décrit plus loin est un instrument opérationnel servant à la création d'informations statistiques portant sur l'évolution des sciences et de la technologie et sur ses interactions avec la société, l'économie et le système politique dont elle fait partie. Elle représente une étape importante dans l'élaboration d'une classification des activités scientifiques et technologiques, des liaisons existant entre elles et des résultats connexes, et elle explicite la description de la production, de la transmission et de l'utilisation de connaissances scientifiques et techniques. Cette structure guidera le programme d'élaboration des indicateurs dans le Projet de système d'information sur les sciences et la technologie à Statistique Canada, aujourd'hui et à l'ouverture du prochain millénaire.



L'honorable John Manley c.p., député

Ministre responsable de Statistique Canada

Avant-propos

Les changements incessants ont été une caractéristique distinctive des deux dernières décennies. En fait, les changements ont été si profonds qu'ils ont touché, pour le meilleur et pour le pire, la vie de chaque Canadien et Canadienne. La plupart des changements ont découlé de l'avancée rapide de la production de connaissances et de la diffusion et de l'application rapides de ces dernières. L'Internet, par exemple, est en train de transformer la façon dont les gens magasinent, font affaire avec les banques, apprennent et se divertissent.

La société canadienne, son environnement et son économie n'ont jamais autant dépendu de la science et de la technologie. Afin de maintenir un niveau de vie faisant l'envie de plusieurs, les Canadiens doivent améliorer leur capacité d'acquérir, de produire et d'appliquer de nouvelles connaissances. Le gouvernement fédéral s'engage à aider les Canadiens à relever ce défi. À cette fin, il a augmenté le financement accordé aux conseils subventionnaires, a alloué 800 millions de dollars à la Fondation canadienne pour l'innovation et a instauré Partenariat technologique Canada.

Le gouvernement fédéral a aussi lancé une stratégie gagnante visant à faire du Canada le pays le plus branché au monde d'ici l'an 2000. Grâce aux initiatives du programme *Un Canada branché*, un nombre grandissant de Canadiens, en particulier les jeunes, obtiennent l'accès à des ressources qui les aident à acquérir des compétences et de l'expérience en technologie de l'information, en réseautique et en gestion de l'information électronique.

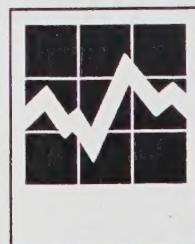
Une autre partie importante de l'engagement du gouvernement consiste à améliorer notre compréhension de la façon dont les nouvelles connaissances, en particulier dans le domaine des sciences et de la technologie, conduisent à la croissance économique et au changement social. En mars 1996, Industrie Canada a financé le Projet de système d'information sur les sciences et la technologie à Statistique Canada en réponse aux recommandations issues de l'Examen fédéral de la science et de la technologie.

Statistique Canada
Projet de remaniement des sciences et de la technologie

Activités et incidences des sciences et de la technologie:

Cadre conceptuel pour un système d'information statistique

1998



Publication autorisée par le ministre responsable de Statistique Canada
© Ministre de l'Industrie, 1998

Tous droits réservés. Il est interdit de reproduire ou de transmettre le contenu de la présente publication, sous quelque forme ou par quelque moyen que ce soit, enregistré sur support magnétique, reproduction électronique, mécanique, photographique, ou autre, ou de l'emmagasiner dans un système de recouvrement, sans l'autorisation écrite préalable des Services de concession des droits de licence, Division du marketing, Statistique Canada, Ottawa, Ontario, Canada K1A 0T6.

Décembre 1998

Catalogue 88-522-XPB
Périodicité : Occasionnel
ISSN 0-660-60553-8

Ottawa

Note de reconnaissance

Le succès du système statistique du Canada repose sur un partenariat bien établi entre Statistique Canada et la population, les entreprises, les administrations canadiennes et les autres organismes. Sans cette collaboration et cette bonne volonté, il serait impossible de produire des statistiques précises et actuelles.

Des données sous plusieurs formes

Statistique Canada diffuse les données sous formes diverses. Outre les publications, des totalisations habituelles et spéciales sont offertes. Les données sont disponibles sur Internet, disque compact, disquette, imprimé d'ordinateur, microfiche et microfilm, et bande magnétique. Des cartes et d'autres documents de référence géographiques sont disponibles pour certaines sortes de données. L'accès direct à des données agrégées est possible par le truchement de CANSIM, la base de données ordinaire et le système d'extraction de Statistique Canada.

Comment obtenir d'autres renseignements

Toute demande de renseignements au sujet du présent produit ou au sujet de statistiques ou de services connexes doit être adressée à : Fred Gault, directeur, Projet de remaniement des sciences et de la technologie, Statistique Canada, Ottawa (Ontario) K1A 0T6 (téléphone : (613) 951-2198) ou à l'un des centres de consultation régionaux de Statistique Canada :

Hallifax	(902) 426-5331	Régina	(306) 780-5405
Montréal	(514) 283-5725	Edmonton	(403) 496-3027
Ottawa	(613) 951-8116	Calgary	(403) 292-6717
Toronto	(416) 973-6586	Vancouver	(604) 666-3691
Winnipeg	(204) 983-4020		

Vous pouvez également visiter notre site sur le Web : <http://www.statcan.ca>

Un service d'appel interurbain sans frais est offert à tous les utilisateurs qui habitent à l'extérieur des zones de communication locale des centres de consultation régionaux.

Service national de renseignements
Service national d'appareils de
télécommunications pour les
maientendants
Numéro pour commander seulement
(Canada et États-Unis)
1-800-263-1136
1-800-363-7629
1-800-267-6677

Renseignements sur les commandes et les abonnements

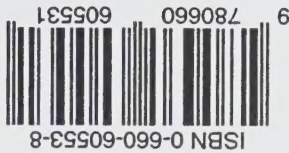
Les prix ne comprennent pas les taxes de vente

Le produit n° 88-522-XPB au catalogue paraît en version imprimée standard. Au Canada, un abonnement d'un an coûte 36,00 \$. À l'extérieur du Canada, un abonnement d'un an coûte 36,00 \$US. Veuillez commander par la poste, en écrivant à Statistique Canada, Division de la diffusion, Gestion de la circulation, 120, avenue Parkdale, Ottawa (Ontario) K1A 0T6; par téléphone, en composant le (613) 951-7277 ou le 1-800-770-1033; par télécopieur, en composant le (613) 951-1584 ou le 1-800-889-9734; ou par Internet, en vous rendant à order@statcan.ca. Lorsque vous signalez un changement d'adresse, veuillez nous fournir l'ancienne et la nouvelle adresses. On peut aussi se procurer les produits de Statistique Canada auprès des agents autorisés, dans les librairies et dans les bureaux régionaux de Statistique Canada.

On peut aussi se procurer ce produit sur Internet (n° 88-522-XIB au catalogue). Un abonnement d'un an coûte 27,00 \$CAN. Pour obtenir ce produit ou s'y abonner, les utilisateurs sont priés de se rendre à http://www.statcan.ca/cgi-bin/downpub/feepub_f.cgi.

Normes de service à la clientèle

Statistique Canada s'engage à fournir à ses clients des services rapides, fiables et courtois et dans la langue officielle de leur choix. À cet égard, notre organisme s'est doté de normes de service à la clientèle qui doivent être observées par les employés lorsqu'ils offrent des services à la clientèle. Pour obtenir une copie de ces normes de service, veuillez communiquer avec le centre de consultation régional de Statistique Canada le plus près de chez vous.



88-522-XPB 98001

Activités et incidences des sciences et de la technologie:

Cadre conceptuel pour un système d'information statistique

1998

